

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Санкт–Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

*На правах рукописи*

**Белозеров Павел Григорьевич**

**ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА ВЕРТИКАЛЬНЫХ УЗЛОВЫХ  
СОЕДИНЕНИЙ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ**

Специальность

2.1.7. Технология и организация строительства

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:  
Доктор технических наук, профессор  
Заслуженный работник высшей школы РФ  
А.Ф. Юдина

Санкт-Петербург – 2024

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	4
<b>1 ИССЛЕДОВАНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА ПАНЕЛЬНОГО ДОМОСТРОЕНИЯ.....</b>	<b>17</b>
1.1 Развитие технологии панельного домостроения в современных условиях	17
1.2 Сравнение известных вариантов устройства вертикальных узловых соединений железобетонных ограждающих конструкций.....	23
1.3 Наиболее часто встречающиеся дефекты при устройстве вертикальных узловых соединений железобетонных ограждающих конструкций.....	31
1.4 Предпосылки использования предлагаемого «быстромонтируемого вертикального скользящего соединения» .....	33
1.5 Анализ существующей нормативной документации, предъявляющей требования к качеству сборных конструкций.....	33
Выводы по главе 1.....	34
<b>2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ.....</b>	<b>36</b>
2.1 Требования, предъявляемые к технологическому процессу устройства вертикальных узловых соединений железобетонных ограждающих конструкций	36
2.2 Зависимость технологичности узлового соединения от выбранного варианта монтажа.....	38
2.3 Предлагаемая технология устройства вертикальных узловых соединений железобетонных ограждающих конструкций.....	42
2.4 Экспериментальные исследования наиболее близкого аналога - межпанельного стыка с использованием тросовых петель .....	44
Выводы по главе 2.....	48
<b>3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДЛОЖЕННОГО КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ УСТРОЙСТВА ВЕРТИКАЛЬНЫХ УЗЛОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ .....</b>	<b>50</b>
3.1 Моделирование и разработка опытных образцов .....	50
3.2 Изготовление образцов для испытания на выдергивание монтажных деталей из бетона стеновых панелей .....	60
3.3 Экспериментальное исследование предлагаемого типа узлового соединения .....	63
Выводы по 3 главе.....	67
<b>4 РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ, РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕДЛАГАЕМОГО КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ .....</b>	<b>69</b>
4.1 Регрессионный анализ полученных экспериментальных данных .....	69

4.2	Расчет трудоемкости, себестоимости и материалоемкости предлагаемого варианта конструктивно-технологического решения .....	76
4.3	Разработка моделей предлагаемого конструктивно-технологического решения и моделей наиболее близких аналогов при помощи программных комплексов .....	83
4.4	Разработка комплекта оснастки .....	85
4.5	Внедрение результатов исследования в строительные организации .....	90
	Выводы по главе 4 .....	91
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	92
	СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	94
	ПРИЛОЖЕНИЯ .....	114
	Приложение А. ....	115
	Приложение Б. ....	116
	Приложение В. ....	117

## ВВЕДЕНИЕ

Индустрия панельного домостроения является высокоскоростной, экономически выгодной областью строительной отрасли. Повышенная потребность в массовом строительстве уже чувствовалась в предвоенные годы, так как после революции на территории Советского союза начался «жилищный передел», а также полномасштабно проводилась политика индустриализации, из-за которой было переселено большое количество народа, которых надо было где-то размещать. Решение этих проблем было возложено на панельное домостроение, благодаря которому здания и сооружения возводятся быстрее и дешевле. В годы войны кадры и ресурсы строительной индустрии были брошены на обеспечение промышленности и армии.

Исторически начало производству домов из сборных панелей было положено в 1910 году в США, на территории Советского союза технологии возведения полносборных сооружений впервые было использовано в 1940-х годах, как решение проблемы увеличения скорости возведения зданий и сооружений в массовом строительстве, так оно стало одним из основных способов возведения гражданских и промышленных зданий и получило развитие вплоть до 90-х годов.[20]

В послевоенные годы необходимо было восстанавливать разрушенные во время боевых действий здания, так как на оккупированных территориях было уничтожено порядка 50% жилого фонда. Акцент делается на разработке комплексных серий типовых проектов домов, некоторые из них получают широкое распространение в связи с простотой конструктивных решений и экономичными планировками квартир. Так одними из первых начинают возводиться «сталинки», имеющие простой архитектурный фасад, преимущественно из лепнины или нештукатуренного силикатного кирпича, высокие этажи и просторные планировки. Их в 60-х годах из идеологических принципов сменили «хрущевки», концепция которых была направлена на устранение коммунального жилья и строительство большого количества индивидуальных квартир. Результатом

эволюции панельного домостроения является, разработанный в 1970-х годах Единый каталог строительных деталей, на основе которого происходит разработка типовых проектов промышленного и гражданского строительства. [130]

Однако в 60-70х годах панельное домостроение, как технология, при высокой скорости возведения, имело низкие эксплуатационные показатели и, производимые конструкции, были эстетически непривлекательными. Кроме того, совокупность, используемых при строительстве железобетонных изделий образовывала «закрытой» системы и определялась исключительно конкретными серий. Развитие современных технологий в области панельного домостроения может оказаться решающим фактором при решении проблем прошлого опыта возведения зданий.

В процессе постепенного развития совершенствовались и видоизменялись принципы строительства, предусматривая переход от типовых зданий к типовым унифицированным конструкциям и деталям. Делались шаги в сторону решения проблем малого многообразия архитектурно-планировочных решений, которые заключались в узком спектре изделий, создаваемых в заводских условиях, не дающих возможность реализовывать разнообразные планировки и конфигурации внутриквартирных жилых площадей, возможностью повышения этажности сооружений, а также улучшение архитектурного облика зданий. Данные решения имели комплексный характер, так как они требовали внимания на всех этапах рабочего процесса, а именно: при проектировании конструктива, изготовлении строительных изделий в заводских условиях, а также на строительных участках при непосредственном монтаже.

В современных условиях индустрия панельного домостроения имеет огромную долю рынка в развитых промышленных странах и, по мнению различных зарубежных экспертов продолжит развиваться. Увеличение эффективности производств, находящихся за пределами строительной площадки, будет стимулировать рост. Так объем глобального рынка сборного железобетона в 2023 году оценивается в 156,61 млрд. долл. США, и ожидается, что к 2032 году он достигнет 247,14 млрд долларов США, а среднегодовой темп роста составит 6,5% с 2022 по 2032 год, в соответствии с рисунком 1. [5]

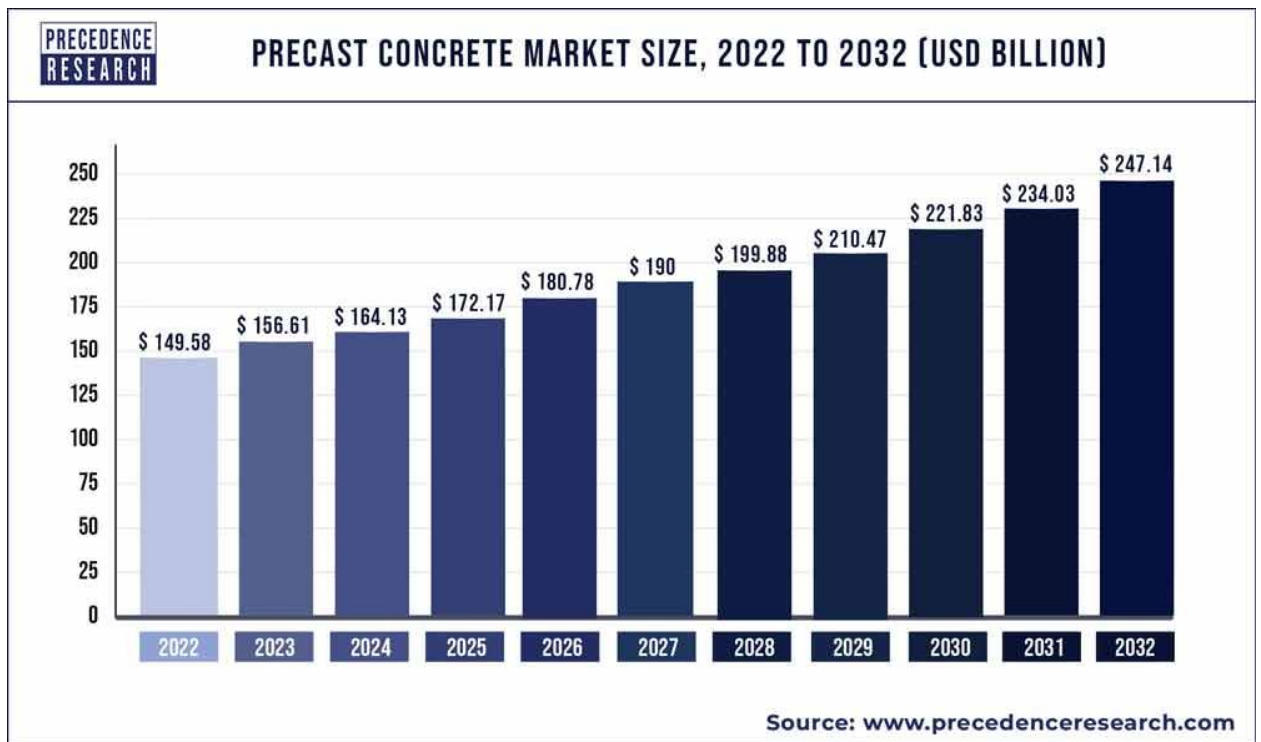


Рисунок 1 – Объем рынка железобетонных изделий США по области применения.

Основными параметрами возводимой строительной продукции в первую очередь является ее качество, различные эксплуатационные характеристики, например безопасность их эксплуатации, комфорт проживания и т.д. Помимо конечных параметров, предъявляемых потребителем, необходимо учитывать рентабельность строительной продукции и финансовую выгоду структуры заказчика, что достигается путем снижения затрат труда, материалов и ресурсов строительными подразделениями и учитывает сокращение сроков строительства и более быстрый запуск готовых зданий в эксплуатацию. Всех вышеперечисленных критериев позволяет достичь применение технологии сборного домостроения и изготовление строительных конструкций в заводских условиях. В данной работе исследуются железобетонные ограждающие конструкции зданий, и, в частности, их вертикальные стыки.

В наше время стеновые панели все чаще устанавливаются в процессе возведения каркаса здания, что позволяет сократить затраты времени на технологические операции внутри строительной площадки. Железобетонные ограждающие конструкции заводской готовности обладают высокими эксплуатационными качествами как отдельных конструкций, так и всего каркаса в

целом за счет, улучшения степени готовности строительных конструкций. Важным аспектом строительного производства во все времена было, есть и будет использование при монтаже изделий, отличающихся высокой эффективностью, технологичностью и качеством, что позволяет достигать больших результатов в улучшении производительности труда, сокращении ручных процессов на строительной площадке.

Переход от строительства из штучного камня к блочному показывает, что стоимость возведенных стен зданий при этом снижается на 25 – 35%, трудоемкость работ уменьшается в 1,5 – 2 раза, сроки строительства сокращаются в 2 – 2,5 раза. [18]

Существенным положительным качеством сборного домостроения считается скорость возведения конструкций и высокая стадия отделки поверхностей в сравнении с монолитными конструкциями, изготавливаемыми на территории строительной площадки.

Но помимо положительных качеств в любой технологии присутствуют и недостатки, у сборного домостроения при поверхностном анализе явно выделяются следующие: высокий уровень однотипности архитектурных решений, низкие показатели плотности межпанельных стыков и их изоляции от внешнего воздействия окружающей среды.

Стоит отметить значение системы разрезки стен на панели в пределах монтажного горизонта. Так, при грамотном распределении панелей можно значительно сократить протяженность сопряжений, а также уменьшить количество монтируемых элементов практически в 2 раза. Также увеличенный размер панелей повышает степень заводской готовности изделия. Если эти вопросы принять во внимание, то это поможет уменьшить затраты на герметизацию стыков, а также улучшить эксплуатационные качества и долговечность всего здания. Помимо вышеуказанных факторов контроль эксплуатационных характеристик является особо важной проблемой, в связи с чем и возникает вопрос в изучении уровня влияния конструкционных характеристик стыков на податливость и последующее трещинообразование в межпанельных стыках.

Возможность комбинирования унифицированных типовых узлов и деталей из различных строительных материалов, ускорит проектирование и увеличит объем ввода жилых и общественных зданий в РФ, что является одной из задач распоряжения Правительства РФ от 10.05.2016 N 868-р (ред. от 23.11.2016) [94] и постановления Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2017 года N 1710 (с изменениями на 26 января 2021 года) [93].

### **Актуальность выбранной темы.**

Современные тенденции развития строительной отрасли направлены на применение в процессе строительно-монтажных работ изделий и материалов, отличающихся высокой эффективностью, технологичностью, точностью монтажа и качеством конструкций, что позволяет достигать более высоких результатов в повышении производительности труда, сокращении трудоемкости технологических процессов ручных работ на строительной площадке.

Общий рост индустриализации требует снижение трудоемкости технологических процессов на сборку, сокращению сроков строительства, внедрения стандартизации и типизации конструктивно-технологических решений. В России получил широкое распространение способ возведения зданий и сооружений из сборных железобетонных стеновых панелей, в которых в качестве конструктивно-технологических решений используются типовые варианты конструкций и узловых соединений, ухудшающих поточность работ в процессе монтажа, и способствующих образованию «мостиков холода» в последующий эксплуатационный период.

Так, в качестве связей для упругоподатливых узлов применяются стальные пластины привариваемых к закладным деталям. При выполнении сварки, выделяется большое количество тепла, а поскольку, практически сразу, не допуская перерывов после сварки наносится антикоррозийное покрытие сварных швов и закладных деталей, происходит сгорание состава отдельных мест покрытия и возникает возможность появления коррозии, которая способствует разрушению металлических материалов и снижению качества сварных соединений.



Вертикальные узлы, имеющие в своей основе бессварной принцип реализуются за счет заземления стального стержня стальными тросовыми петлями, смонтированными в торцы стеновых панелей, при устройстве данных узлов могут возникать дефекты в изменении положения петель, относительно проектного положения, а при натяжении петель возможно перерезание раствора омоноличивания, что влечет за собой нарушение эксплуатационных характеристик узловых соединений.

Таким образом, вышеизложенные дефекты могут возникать из-за недостаточной конструктивной проработки в технологии устройства вертикальных узлов, что указывает на необходимость разработки более совершенных конструктивно-технологических решений вертикальных соединений стеновых панелей для обеспечения высокого качества межпанельных узлов, наряду с повышением точности монтажа конструкций, эксплуатационных характеристик и сокращением трудоемкости, материалоемкости и стоимости его устройства.

Актуальность темы диссертации определяется необходимостью разработки эффективной технологии устройства вертикальных узловых соединений ограждающих конструкций, позволяющей более эффективно выполнять работы по установке стеновых панелей в построечных условиях с существенным снижением затрат труда, одновременным повышением качества соединений панелей и точности их установки.

**Степень разработанности темы исследования.** Вопросы совершенствования технологических процессов возведения зданий из сборных ж/б конструкций отражены в работах Беленцова Ю.А., Верстова В.В., Виноградова А.Б., Гайдо А.Н., Данель В.В., Король Е.А., Коткова Р.В., Куправа Л.Р., Лapidуса А.А., Молодина В.В., Оленика П.П., Пугач Е.М., Сычева С.А., Топчего Д.В., Фомина Н.И., Юдиной А.Ф., в частности устройства узловых соединений ограждающих конструкций были продолжены в трудах и изобретениях Дербенцева И.С., Карякина А.А., Мироновой Ю.В., Сергеева М.С. Соколова Б.С., Тамразяна А.Г., Тарасова М.В..

**Целью** диссертационной работы является разработка эффективной технологии устройства вертикальных узловых соединений ограждающих конструкций, обеспечивающей повышение точности установки, надежность их соединения и качество межпанельных узлов.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие **научные задачи исследования:**

1. Проведен анализ существующих технологий устройства вертикальных узловых соединений ограждающих конструкций, их технологические параметры, дефекты, возникающие в процессе их устройства.

2. Разработана эффективная технология устройства вертикальных узловых соединений ограждающих конструкций панельных зданий, отвечающая требованиям надежности соединения и качеству межпанельных узлов.

3. Разработаны модели исследуемого и существующих аналогов узловых соединений железобетонных ограждающих конструкций, при помощи программных комплексов.

4. Экспериментально обоснованы преимущества исследуемой технологии устройства вертикальных узловых соединений стеновых панелей по сравнению с существующими аналогами.

5. Разработаны комплекты оснастки для обеспечения принудительного монтажа конструкций с применением предлагаемой технологии устройства вертикальных узловых соединений ограждающих конструкций.

6. Разработаны технологический регламент и технологические карты по реализации предлагаемой технологии устройства вертикальных узловых соединений стеновых панелей зданий с применением разработанного комплекта оснастки.

**Научная новизна** диссертационного исследования:

1. Выявлены технологические параметры, а также характерные дефекты, возникающие в процессе устройства межпанельных соединений;

2. Научно обоснована технология устройства быстромонтируемого вертикального скользящего соединения железобетонных стеновых панелей зданий,

позволяющая упростить конструкцию, сократить затраты на монтажные детали, не повышая металлоемкость и трудоемкость изготовления вертикальных узлов соединения стеновых панелей;

3. Разработаны модели вертикальных узловых соединений предлагаемого конструктивно-технологического решения и известных аналогов с использованием программного комплекса, проведено численное моделирование и сопоставлено с экспериментальными данными;

4. Теоретически и экспериментально обоснованы преимущества предлагаемой технологии устройства вертикальных узловых соединений стеновых панелей по сравнению с существующими аналогами.

**Теоретическая значимость работы** заключается в научном обосновании и подтверждении эффективности использования предлагаемого конструктивно-технологического решения вертикального соединения железобетонных стеновых панелей зданий за счет повышения параметров точности и эксплуатационной надежности узлового соединения.

**Практическая значимость работы состоит в следующем:**

– разработано и запатентовано конструктивно-технологическое решение быстромонтируемого вертикального скользящего соединения железобетонных стеновых панелей зданий и сооружений;

– разработан комплект направляющих деталей оснастки, обеспечивающий точность монтажа конструкций и качество производимых работ;

– разработаны и внедрены технологический регламент применения технологии быстромонтируемого вертикального скользящего соединения при изготовлении наружных стеновых панелей, технологическая карта на монтаж стеновых панелей.

**Методология и методы исследования:** анализ патентных источников, использование теоретических и экспериментальных результатов ведущих ученых в области совершенствования технологических процессов возведения панельных зданий и устройства узловых соединений железобетонных ограждающих конструкций; методов моделирования и регрессионного анализа, методов оценки

эффективности строительных технологий. Экспериментальные исследования проводились в лабораторных условиях по стандартным и специальным методикам с использованием современного оборудования.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Анализ существующих технологий устройства вертикальных узловых соединений ограждающих конструкций панельных зданий, их технологические параметры и дефекты, возникающие в процессе их устройстве.
2. Технология устройства вертикальных узловых соединений ограждающих конструкций панельных зданий;
3. Результаты экспериментальных исследований технологии устройства вертикальных узловых соединений стеновых панелей и сравнение предлагаемой технологии с известными аналогами;
4. Прогнозируемые значения разработанных моделей, на основе регрессионного анализа, позволяющие предусматривать сокращение количества монтажных узлов в рамках локальных вертикальных соединений;
5. Комплекты оснастки для обеспечения принудительного монтажа конструкций с применением предлагаемой технологии быстромонтируемого вертикального скользящего соединения стеновых панелей.

**Апробация научных результатов:** основные положения настоящей диссертационной работы докладывались и обсуждались на 71-й Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Актуальные проблемы современного строительства» (Санкт-Петербург, 2018); 74-й и 75-й научной конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов университета «Архитектура – строительство – транспорт» (Санкт-Петербург, 2019); 71-й международной научной конференции по проблемам архитектуры и строительства (Казань, 2019).

**Объектом исследования** является технологический процесс устройства узловых соединений сборных железобетонных ограждающих конструкций панельных зданий.

**Предметом исследования** являются параметры и характеристики технологических процессов устройства вертикальных узловых соединений ограждающих конструкций панельных зданий.

**Рабочая гипотеза** состоит в разработке нового, более эффективного конструктивно-технологического решения вертикального соединения стеновых панелей зданий для обеспечения высокого качества межпанельных узлов, повышения точности установки панелей, надежности соединения, при сокращении трудозатрат на установку стеновых панелей, что в целом влияет на общую эффективность технологического процесса монтажа железобетонных ограждающих конструкций, эксплуатационные характеристики и соответственно позволит сократить продолжительность и трудозатраты по их установке.

**Область исследования** соответствует требованиям паспорта специальности – 2.1.7. Технология и организация строительства:

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

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

Исследование относится к области строительства, а именно к технологии возведения сборных зданий и сооружений и может быть использовано для устройства вертикальных узловых соединений железобетонных ограждающих конструкций в условиях строительной площадки.

В соответствии с п. 9 Положения о присуждении ученых степеней представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата наук является

научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технологические решения, позволяющие повысить эффективность и технологичность вертикальных узловых соединений, имеющие существенное значение для развития страны.

**Публикации:** основные научные результаты диссертации опубликованы в 7 научных работах, в том числе 3 в рецензируемых изданиях из перечня, размещенного на официальном сайте ВАК, 1 в рецензируемом издании индексируемой базы данных *Scopus*, также получен патент на изобретение №2781834 «Быстромонтируемое вертикальное скользящее соединение стеновых панелей».

**Степень достоверности** полученных результатов исследований и выводов по диссертационной работе обоснована применением методов регрессионного анализа экспериментальных данных и установлением локальных и точечных прогнозов показателей вертикальных узловых соединений, а также разработанной руководящей документацией. Сформулированные автором выводы и практические рекомендации могут быть использованы в процессе возведения зданий и сооружений.

Работа выполнена на кафедре технологии строительного производства ФГБОУ «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» (СПбГАСУ) в период с 2017 по 2024 годы.

### **Структура и объем диссертации**

Диссертационная работа состоит из введения, 4-х глав, основных выводов, списка литературы, включающего 138 наименований. Общий объем диссертации составляет 117 страниц. В работе представлено 67 рисунков, 6 таблиц, 26 формул.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследований, показана научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы.

В первой главе раскрыта актуальность научных исследований на основании анализа существующих способов и технологий монтажа узловых соединений стеновых панелей полносборных зданий, показаны их достоинства и недостатки.

Приведены основные сравнительные выводы по технологиям. Разработан план совершенствования систем полносборного строительства из железобетона.

Во второй главе представлена методика экспериментального исследования узловых соединений стеновых панелей, проведен анализ испытания петлевого узлового соединения. Приведены основные сравнительные выводы по методике испытания. Разработан план проведения экспериментального испытания и дальнейшего совершенствования технологии монтажа узловых соединений стеновых панелей полносборного строительства из железобетона. Сделан вывод о необходимости развития существующих технологий. Разработана технология быстромонтируемого вертикального скользящего соединения. Проведено планирование экспериментального исследования на основе результатов испытания над наиболее близким аналогом.

В третьей главе дается представление о реализации цели исследования. Излагаются этапы разработки опытных моделей предлагаемого конструктивно-технологического решения. Описывается процесс изготовления опытных образцов, согласно разработанным моделям. Производится обоснование и экспериментальное испытание предложенной технологии. Проводится сравнительный анализ с петлевым межпанельным стыком.

В четвертой главе приводится процесс разработки комплекта направляющих деталей оснастки для обеспечения принудительного монтажа стеновых панелей, определению эффективности предлагаемого узлового соединения и расчету параметров себестоимости, трудоемкости и металлоемкости на основе типовых элементов железобетонных конструкций, а также разработке технологического регламента и технологической карты на монтаж стеновых панелей.

Для реализации намеченных целей разработана структурная схема выполненных научных исследований, в соответствии с рисунком 2.

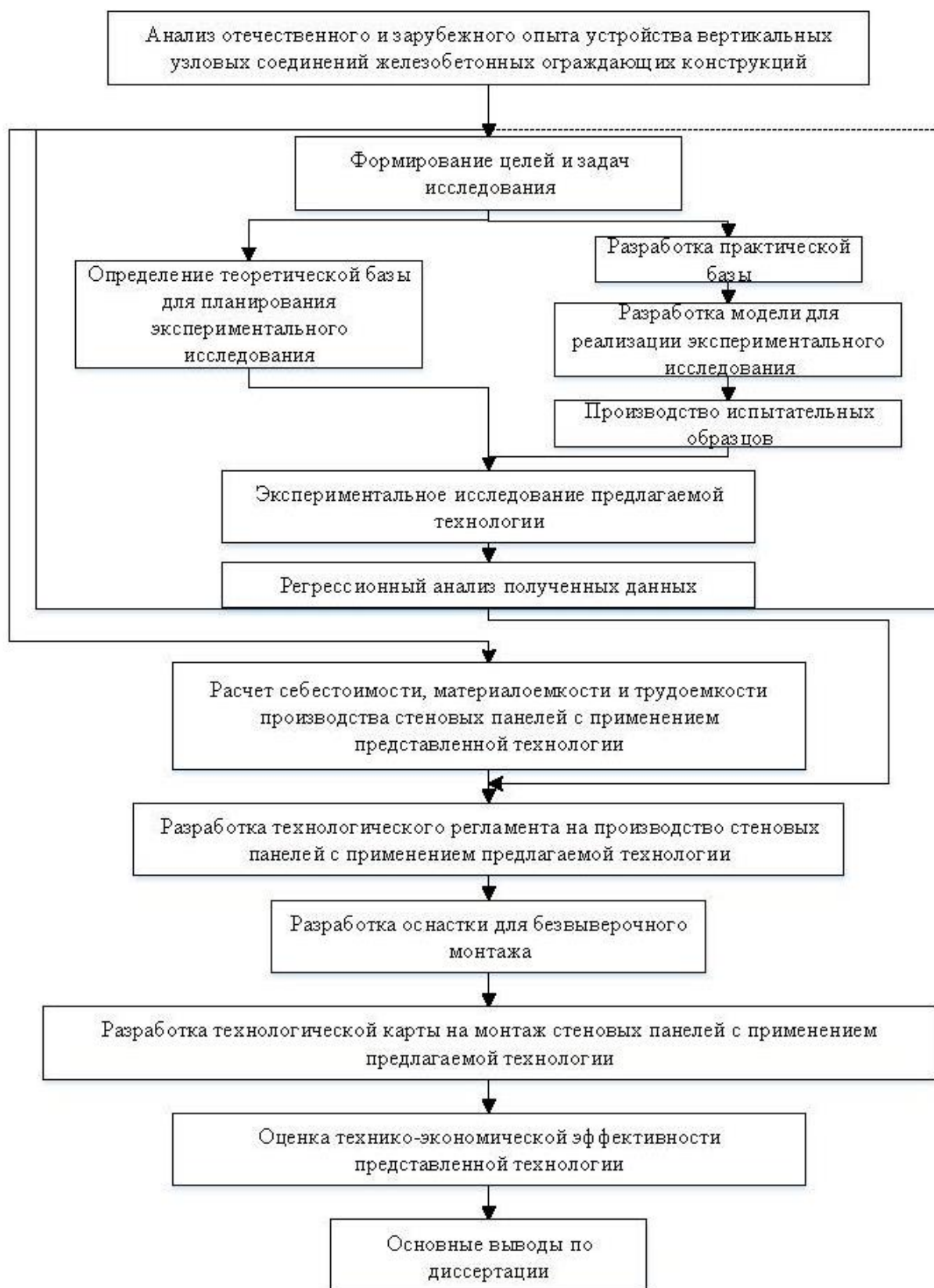


Рисунок 2 – Структурно-логическая схема исследования.



# 1 ИССЛЕДОВАНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА ПАНЕЛЬНОГО ДОМОСТРОЕНИЯ

## 1.1 Развитие технологии панельного домостроения в современных условиях

В России сборное домостроение развивается более низкими темпами, однако при внедрении европейских технологий и развитии собственных, возможен рост доли сборного домостроения.

Производственный потенциал предприятий железобетонных изделий в Санкт-Петербурге используется лишь на 25–30%. Отсутствие государственных (федеральных, муниципальных) заказов в программах предприятий сборного домостроения и соответствующей поддержки сказывается на недостаточном использовании имеющихся домостроительных мощностей. Данный факт привел к дифференциации рынка Санкт-Петербурга, при которой кирпично-монолитная технология строительства сильно доминирует, в соответствии с рисунком 1.1. Похожая ситуация прослеживается и в других регионах на всей территории РФ. [44]



Рисунок 1.1 – Доля материалов и технологий в процессе возведения зданий в Санкт-Петербурге после 2020 года.

При выходе производства на полные мощности может быть устранен дефицит в новых площадях под производственные и гражданские нужды. Помимо недостатка финансирования в отечественном панельном домостроении имеется кризис в собственных прогрессивных технологиях, обеспечивающих высокое качество, низкие энергетические затраты и разнообразие конструктивно-планировочных решений, что давало бы преимущество современному строительству перед технологиями прошлых лет. Важно понимать, что в нынешних условиях решение жилищных проблем возможно только путем внедрения новых индустриальных методов.

Разработка инновационных конструктивно-технологических решений невозможна без анализа известных аналогов устройства вертикальных узловых соединений железобетонных ограждающих конструкций, а также опыт модернизации предприятий стройиндустрии, который свидетельствует об эффективности стратегии использования массового типового индустриального домостроения на основе сборного железобетона. Необходима разработка и реализация государственной стратегии, направленной на сохранение имеющейся в стране базы стройиндустрии, ее государственной поддержки, создание и развитие технопарков для отработки отечественной технологии оборудования. Необходимо решать организационные вопросы, направленные на хранение и развитие имеющихся мощностей ранее созданной базы стройиндустрии в стране и сделать решительный шаг по ее качественному обновлению и развитию в соответствии с современными тенденциями.

В Европе, Америке набирает силу тенденция резкого расширения производства сборного железобетона, годовой объем которого в мире в настоящее время превышает 4 миллиона кубических метров в год. Только в Европе действует более 8 тысяч заводов сборного железобетона. В КНР действует 4600 заводов. В Германии ежегодный объем производства сборного железобетона больше, чем России, - превышает 32 миллиона метров квадратных. Резкое увеличение объемов применения сборного железобетона имеет место в транспортном строительстве, в мостостроении Европы и США.

Новым принципиальным этапом в развитии технологии является комплексная автоматизация и роботизация процессов. Для достижения целей поставленных государственными программами [93] необходимо развивать панельное строительство и работать над устранением характерных недостатков технологии.

Железобетонные ограждающие конструкции при возведении зданий пользуются колоссальной популярностью по всему миру, в основном строительство панельных зданий направлено на решение ряда проблем, в основном это необходимость массовой застройки в короткие сроки. Результатом возведения стеновых панелей является сокращение сроков строительства, высокая степень готовности к проведению отделочных работ, качество конструктивных элементов, производимых в стенах завода железобетонных изделий. Короткие сроки производства работ достигаются за счет значительного облегчения процесса монтажа, а именно – панели доставляются на строительную площадку полноценным готовым конструктивным элементом и, исходя из этого, вопрос стоит исключительно в грамотном конструктивном использовании и профессиональной выверке при монтаже и подаче на рабочие горизонты.

Заводские условия производства конструкций обеспечивают качество конструктивных элементов, часто наблюдаемых при возведении зданий монолитным способом (так как работы производятся в построечных условиях). Так же здания данного формата практически не дают усадку, что говорит о том, что можно приступать к чистовой отделке раньше, не опасаясь за последующие трещины в штукатурке.

Как было рассмотрено автором ранее: “Панельные здания из сборных железобетонных элементов полной заводской готовности остро реагируют на неравномерное проседание грунтов и конструкций, что влечет за собой различные дефекты, в связи с конструктивно-технологическими особенностями данного типа строения, наблюдаются принципиальные отличия с аналогичными типами строительства зданий и сооружений.

Так у кирпичных зданий дефекты, благодаря меньшей концентрации в узлах

конструкций (за счет большого количества этих самых узлов и их распределения на большей площади). В панельном домостроении концентрация напряжений (как от неравномерных температурных, так и от конструктивных деформаций) приходится более локально на узловые соединения, что влечет за собой повышенные требования к их устройству. При наличии разницы температур снаружи и изнутри помещений появляется высокая вероятность изгиба в плоскости панелей, что так же приводит к возникновению внутренних напряжений в узлах соединений и дальнейшему образованию трещин.” [11]

Как известно, комфорт создается за счет мелочей, на который в большей степени, при строительстве панельного дома, влияет не конструктив, а эффективность применяемых технологических решений и профессионализм монтажников, участвующих в устройстве стыков панелей. Поэтому к внешним поверхностям стыков наружных стеновых панелей предъявляется обширный перечень требований, в частности они касаются таких параметров конструкций как герметичность, плотность и изоляция от внешних воздействий окружающей среды, а также недопустимость образования в месте стыка мостов холода, что в дальнейшем может приводить зимой к накоплению водного конденсата. Несущие конструкции должны соответствовать требованиям нормативно-технической документации, действующей в области строительства, в частности надежно воспринимать все виды нагрузок, дабы предостеречь узлов соединения от непредусмотренных смещений в процессе эксплуатации, а также повышенного образования трещин. Трещины в вертикальных стыках панелей по большей части появляются в связи с неравномерной осадкой фундамента, температурных деформаций, усадки раствора замоноличивания стыков.

Процесс монтажа ограждающих конструкций может отличаться в зависимости от типа конструктивного элемента, его массы, положения на строительном горизонте, типе его транспортировки на строительную площадку и может производиться как с колес транспортных средств [43], в соответствии с рисунком 1.2 (при применении данного способа необходима четкая взаимоувязка автотранспорта между собой и жесткое соответствие графику поставок, что не

всегда может быть исполнено в реалиях строительной отрасли) и монтаж из зоны складирования, где стеновые панели хранятся в своеобразных «кассетах», общий вид элементов для организации складирования железобетонных изделий, в соответствии с рисунком 1.3.



Рисунок 1.2 – Монтаж стеновых панелей с колес транспортного средства.



Рисунок 1.3 – Складирование панелей в «кассетах».

Последовательность монтажа железобетонных ограждающих конструкций определяется исходя из разделения строительных участков на соответствующие делению на примерно равные объемы по трудоемкости захватки, определяя приоритет монтируемых элементов ориентируясь на принцип монтажа «на кран».

[133]

При монтаже стеновых панелей и устройстве межпанельных стыков необходимо жестко соблюдать последовательность действий, избегая исключения из процесса этапов установки теплоизоляционных вкладышей, оклеечных воздухоизоляционных слоев, обмазочных уплотнительных слоев и этапов временного закрепления, в соответствии с рисунком 1.4, предусматриваемых проектными решениями.



Рисунок 1.4 – Подъем наружной стеновой панели

Процесс монтажа стеновых панелей состоит из подачи на рабочий горизонт подготовленного элемента, после выверки элемент ограждающей конструкции устанавливается в проектное положение и происходят технологические процессы по временному закреплению. [57] При визуальном осмотре может быть выявлено отклонение от проектного положения, в результате чего стеновая панель может быть приподнята, монтажные плоскости должны быть очищены, конструкция выверена в пространстве и смонтирована в соответствии с проектом на свежую растворную подушку, затем конструкция должна быть закреплена в соответствии с

документацией.

## 1.2 Сравнение известных вариантов устройства вертикальных узловых соединений железобетонных ограждающих конструкций

Монтажные закладные детали, предусмотренные для монтажа элементов на рабочие горизонты в условиях завода изготовителя необходимо обрабатывать грунтовочными составами. [35] А уже на территории строительной площадки только в случае повреждений заводского покрытия есть возможность произвести восстановление антикоррозионных покрытий. Открытые петли, предназначенные для строповки и поднятия ЖБИ, необходимо обработать антикоррозионной мастикой. [96]

Автором в качестве одного из вариантов сравнения узловых соединений был рассмотрен упругоподатливый стык: “Одним из известных вариантов устройства межпанельных узловых соединений стеновых панелей является использование связей, выполненных из стальных накладок, которые свариваются с закладными деталями (толщиной от 6 до 8 мм) на верхней части конструктивных элементов, тем самым образуя стык между стеновыми панелями.”[11] Вышеописанный тип стыка стеновых панелей называется упругоподатливым узлом соединения, в соответствии с рисунками 1.5, 1.6.

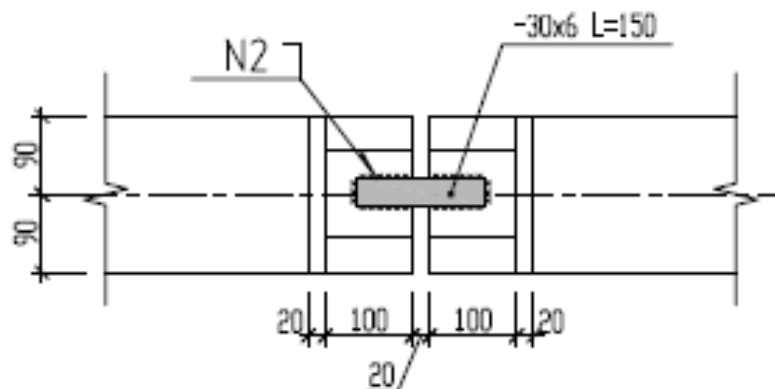


Рисунок 1.5 – Конструкция расположения стыковых пластин на верхних торцах при устройстве вертикального упругоподатливого стыка наружных стеновых панелей (вид сверху):

N2 – закладная деталь; 30x6 – размеры привариваемых пластин (обеспечивающие соединение);

L=150 – длина пластин.

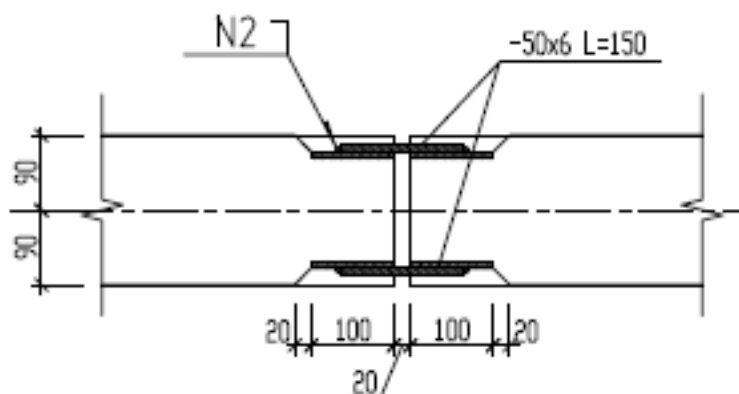


Рисунок 1.6 – Конструкция расположения стыковых пластин на боковых торцах при устройстве вертикального упругоподатливого стыка наружных стеновых панелей (вид сверху): N2 – закладная деталь; 50x6 – размеры привариваемых пластин (обеспечивающие соединение); L=150 – длина пластин.

“Перед заполнением пустот мелкозернистым раствором (замоноличиванием), внутри стыков предусматривается заполнение различными упругими прокладками для обеспечения соответствия изоляционных свойств” [11] в соответствие с требованиями технической документации, в соответствии с рисунком 1.7.

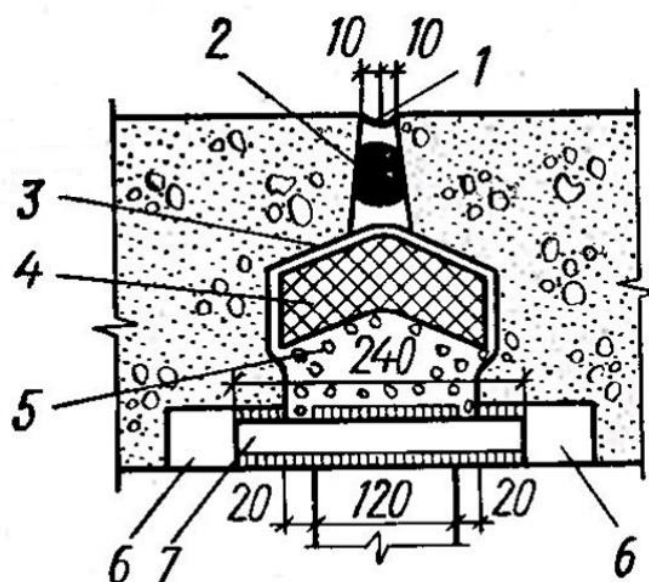


Рисунок 1.7 – Принципиальное исполнение изоляционных технологических этапов: 1 - раствор (герметик, мастика); 2 - вилатерм; 3 - гидроизол; 4 - минераловатный термовкладыш; 5 - заполнение бетонным раствором; 6 - закладные детали; 7 - стальная накладка

К недостаткам упругоподатливого соединения автор относит: “повышенную коррозию при производстве сварочных работ, которая возникает в связи с термическим воздействием на антикоррозийное покрытие и, соответственно, его



повреждением, что в дальнейшем негативно скажется на поведении межпанельного стыка при проникновении влаги в трещины, образованные при усадке конструкций.

В качестве устройства горизонтальных соединений стеновых панелей и плит перекрытия возможны как платформенные, так и контактные типы соединений. Во избежание капиллярного попадания влаги через микротрещины, образованные в наружном изоляционном слое (мастике) внутрь стыка, устраивается противодождевой барьер.” [11]

Развитие индустрии сборного строительства способствует поиску новых способов по улучшению качества и увеличению скорости возведения зданий. Одной из областей по модернизации технологий сборного домостроения является разработка новых видов соединения железобетонных сборных элементов. [12]

Монтаж без использования сварочных работ позволит сократить трудоемкость и ресурсоемкость на сварку и тем самым увеличить технологичность процесса монтажа и избежать ошибок, связанных с человеческим фактором. В этом и заключается сущность одного из направлений по усовершенствованию технологии строительства сборных железобетонных зданий.

Монтажные закладные детали, участвующие в процессе устройства узловых соединений в условиях завода изготовителя необходимо обрабатывать грунтовочными составами. А уже на территории строительной площадки только в случае повреждений заводского покрытия есть возможность произвести восстановление антикоррозионных покрытий, в соответствии с рисунком 1.8.



Рисунок 1.8 – Обработка монтажных закладных деталей антикоррозионным составом.

В обоих случаях монтажа стеновых панелей методы теплоизоляции и гидроизоляции схожи. Инновационные и технологичные решения по монтажу бессварных узловых соединений железобетонных наиболее активно начали разрабатываться в последние двадцать лет. В России также ведутся разработки в данном направлении, однако, более низкими темпами.

В настоящее время появляется все больше компаний, производящих продукцию для нестандартного закрепления ЖБК, в соответствии с рисунком 1.9. К такому типу можно отнести петлевые узлы соединения, реализованные за счет образования нахлеста между тросовыми петлями соседних стеновых панелей, фиксацией армирующего стержня и дальнейшего замоноличивания межпанельного стыка. Наиболее часто используемые варианты монтажных деталей при возведении панельных зданий с использованием петлевых межпанельных стыков – финский вариант *Peikko* и немецкий *Halfen Loop Box (HLB)*. Наибольшее число производителей продукции, для осуществления монтажа ЖБК с отсутствием сварки и минимальным количеством процессов замоноличивания, сосредоточено в Западной Европе.

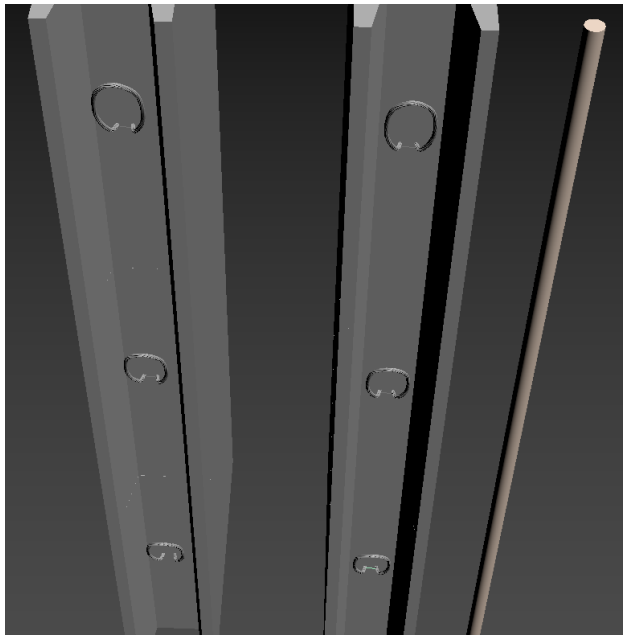


Рисунок 1.9 – 3-д модель стеновых панелей, с петлевыми закладными деталями.

При монтаже изделия вынимается соединительная часть петли. Это можно сделать с помощью любого подручного предмета (например, молотка), либо руками. “При наложении тросовых петель с противоположных торцов стеновых панелей, между ними образуется перехлест, в который устанавливается армирующий стержень диаметра 32 мм. В соответствии с рисунком 1.10 показано готовое ЖБИ изделие, с монтажными петлями, приведенными” [11] в проектное положение. В смонтированном виде вертикальное узловое соединение, подготовленное к процессу омоноличивания полостей межпанельного стыка, в соответствии с рисунком 1.11.

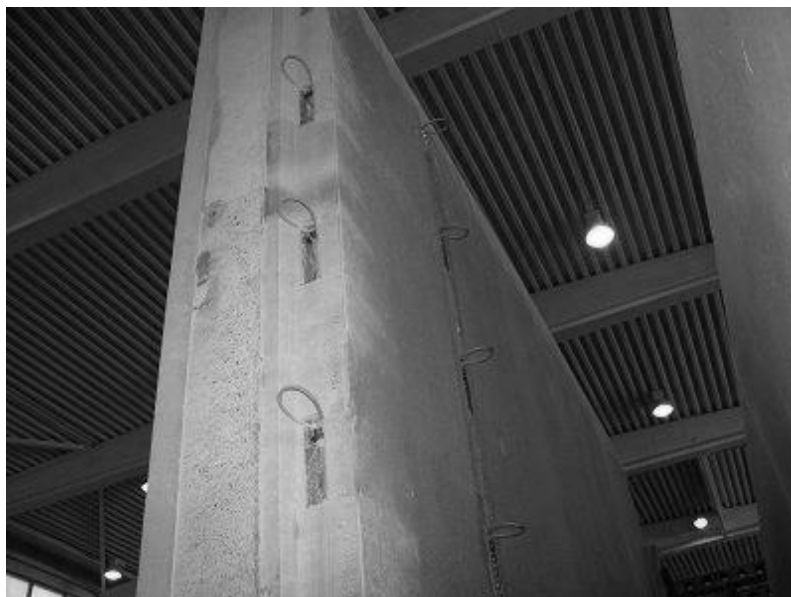


Рисунок 1.10 – Готовая наружная стеновая панель.



Рисунок 1.11 – Узел соединения стеновых панелей до этапа омоноличивания.

Согласно материалам статьи автора: “Соединение стеновых панелей между собой осуществляется путем наложения одной петли на другую внахлест с последующим их закреплением путем защемления нахлеста вертикальным стержнем и финальным процессом в данной технологической последовательности является замоноличивание стыка мелкозернистым высокопрочным безусадочным бетонным раствором” [11].

Соединение петель выполняется внахлест, без сварки. Для закрепления в монтируемом положении между петлями в качестве стержня вставляется арматурный стержень. Затем в стык нагнетается густой мелкозернистый бетонный раствор, затем излишки выдавленного раствора убираются и формируется гладкий стык, формовку необходимо проводить до начала твердения раствора. При попадании внутрь стыка (в панели устраиваются специальные полости) бетонный раствор, затвердевая, формирует бетонную шпонку и начинает работать на сдвиг, бетон принимается класса В30 и более, в соответствии с рисунками 1.12 - 1.14.

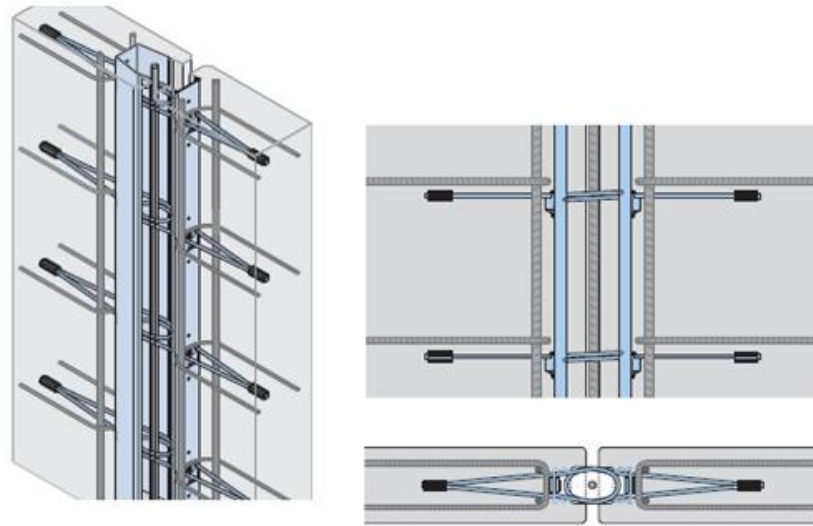


Рисунок 1.12 – 3-d модель гибкого стыка тросовыми петлями.

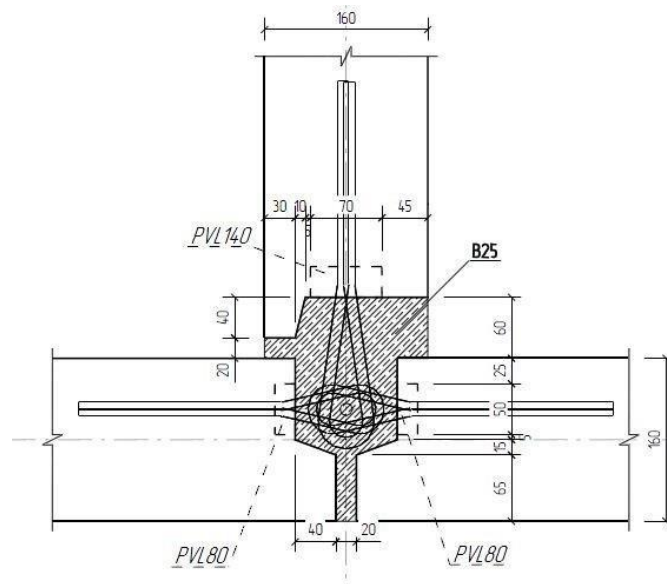


Рисунок 1.13 – Гибкий т-образный стык тросовыми петлями в плане.

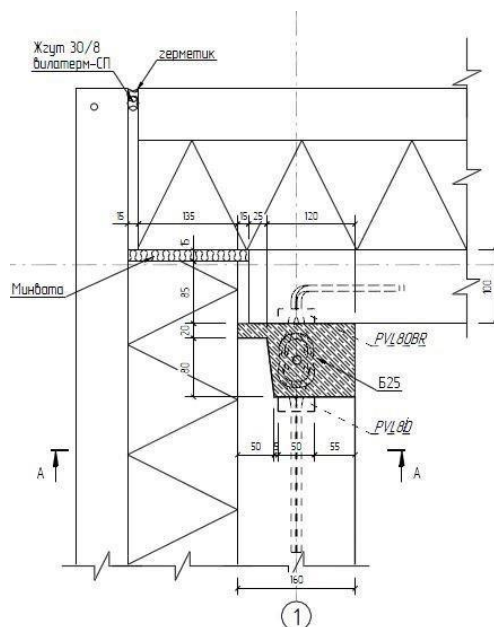


Рисунок 1.14 – Гибкий угловой стык тросовыми петлями в плане.

Для обеспечения расчетных показателей соединения установку вертикального стержня необходимо производить по указанию проектной документации. Арматурный стержень, в соответствии с рисунками 1.15, 1.16, должен проходить через все отверстия, образованные перехлестом противоположных петель, минимальный диаметр арматурного стержня – 32мм.



Рисунок 1.15 – Нахлест петель и арматурный стержень

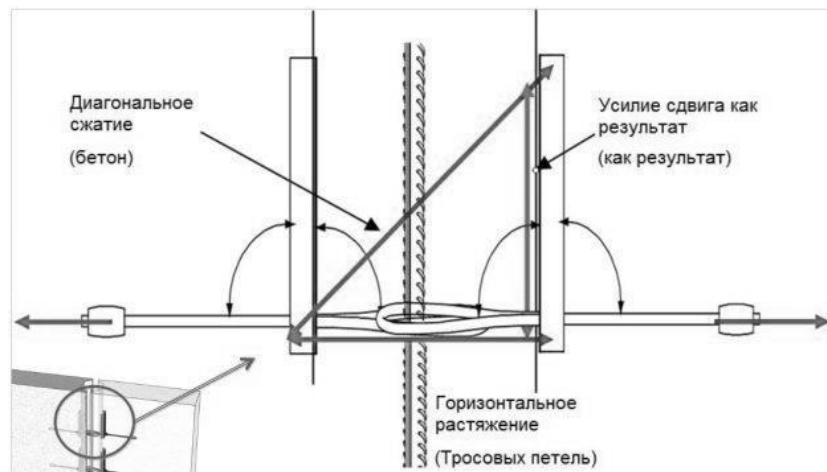


Рисунок 1.16 – Армирование нахлеста вертикального стыка стеновых панелей.

Петли выполняются из проволоки и полиуретана. Макаев Н.В. пишет: “Материал легко принимает форму, быстро достигает своего предела прочности. Несущая способность соединения определяется исходя из прочности бетона и интервала установки тросовых петель” [58].

В итоге рассматриваемая конструкция вертикального межпанельного стыка позволяет воспринимать усилия: на сдвиг (шпонки); горизонтальные растягивающие (тросовые петли), горизонтальные сжимающие (бетон внутри стыка). Несущая способность шва на тросовых петлях при параллельном сдвиге

зависит от шага петель и изменяется для бетона В25 от 18 до 25 Мпа, при условии применения прямых шпоночных соединений.

“Несущая способность данного типа конструктивно-технологического решения напрямую зависит от прочностных характеристик бетона и шага установки тросовых петель. Прочностные характеристики раствора замоноличивания имеют прямую зависимость относительно прочности бетонной смеси, используемой для производства монтажных элементов, но должны быть не меньше прочности бетона класса В25” [11].

Также стоит учитывать, что вне зависимости от применимых вариантов конструктивно-технологических решений стеновые панели и, используемые в них узловые соединения, в частности, должны соответствовать требованиям нормативно-технической документации.

### **1.3 Наиболее часто встречающиеся дефекты при устройстве вертикальных узловых соединений железобетонных ограждающих конструкций**

Для упругоподатливого стыка дефекты проявляются в связи с использованием сварных соединений. Слабой стороной сварных соединений, помимо малых показателей технологичности считаются сложности при омоноличивании межпанельных стыков (приваренные пластины представляют препятствие для нанесения раствора), а также эксцентричность передаваемых между соседними стеновыми панелями нагрузок.

Сварные работы и температуры при сварке металла – основной конструктивный дефект, возникающий при устройстве упругоподатливых узлов. Проблемой является нарушение защитного покрытия под воздействием температуры и дальнейшая коррозия.

Точность установки, возможное смещение монтажных элементов и деталей внутри узлового соединения, в соответствии с рисунком 1.17 и перерезание раствора омоноличивания при натяжении петли – основные дефекты при устройстве петлевого стыка, так как после изменения положения соединения

перестает воспринимать нагрузку, перерезание – снижает изоляционные свойства межпанельного стыка.

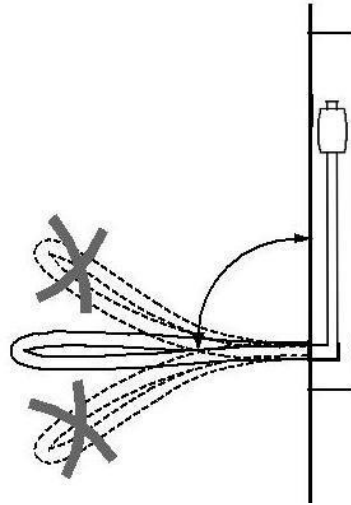


Рисунок 1.17 – Монтажная петля и ее отклонения от проектного положения.

При нарушении ориентации петель и стержня, в соответствии с рисунком 1.17 результатом послужит изменение конструктивных свойств узла и невозможность должным образом воспринимать различного рода нагрузки, и, тем самым, узловое соединение не будет отвечать предъявляемым к нему требованиям. [11]



Рисунок 1.18 – Отклонение положения монтажной петли от проектного положения на строительной площадке.

Отдельное внимание стоит уделить разрезанию бетона петлями при их натяжении вследствие восприятия нагрузок узловым соединением, так как это



приводит к повышенному трещинообразованию узловых соединений и последующий набор капиллярной влаги. Указанные дефекты возникают в результате ряда факторов, связанных, прежде всего, с нарушением технологии строительных процессов в строительстве.

#### **1.4 Предпосылки использования предлагаемого «быстромонтируемого вертикального скользящего соединения»**

Стоит отметить, что одним из основных показателей является то, что использование технологии устройства узлового соединения предлагаемого типа подразумевает упрощение конструкции межпанельного стыка по сравнению с ее бессварным петлевым аналогом. Упрощая стык и ликвидируя большую часть монтажных элементов, являющихся основными причинами типовых дефектов, присущих аналогу, позволит снизить процент брака в процессе устройства межпанельных стыков. Также предлагаемый вариант вертикального узлового соединения направлен на оптимизацию затрат труда и материалов по сравнению с сварными аналогами.

Также использование технологии устройства быстромонтируемого вертикального скользящего соединения в качестве вертикального узлового соединения железобетонных ограждающих конструкций способствует снижению трещинообразования бетона моноличивания. Это связано с тем, что предлагаемый вариант соединения обеспечивает более плотный контакт между монтажными деталями, что также позволит устранить дефект с перерезанием бетона моноличивания петлями путем более широкого распределения нагрузок внутри узлового соединения.

#### **1.5 Анализ существующей нормативной документации, предъявляющей требования к качеству сборных конструкций**

Требования стандартов, основные из которых следует учитывать при разработке нормативных документов и рабочей документации на панели конкретных типов, а также технологический регламент на устройства вертикальных узловых соединений сборных железобетонных ограждающих

конструкций, указаны ниже:

1. ГОСТ 12504-2015 Панели стеновые внутренние бетонные и железобетонные для жилых и общественных зданий. Общие технические условия. Настоящий стандарт устанавливает классификацию, типы, основные параметры панелей, общие технические требования к ним, общие правила их приемки, методы контроля и испытаний, маркировку, правила транспортирования и хранения; [21]

2. МДС 12-41.2008. Монтажная оснастка для временного закрепления сборных элементов возводимых и разбираемых зданий. В данном стандарте содержатся описания типов оснастки и предъявляемые к ней технические требования, рассматриваются конструктивные особенности и способы применения наиболее распространенной оснастки, приводятся технические характеристики оснастки, сведения о техническом обслуживании оснастки [59];

3. ТР 196-08. Технические рекомендации по технологии герметизации и уплотнения стыков наружных стеновых панелей. Данный стандарт содержит рекомендации, требования и материалы для обеспечения изоляционных свойств стыков при монтаже строительных конструкций [55119];

4. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная версия СНиП 3.03.01-87 «Несущие и ограждающие конструкции» [110].

### **Выводы по главе 1**

На основании проведенного обзора можно сделать следующие выводы:

1. В настоящее время существуют различные варианты устройства вертикальных узловых соединений, но наиболее часто используются упругоподатливые и, набирающие популярность, бессварные петлевые вертикальные узлы соединения стеновых панелей;

2. Каждый из рассмотренных вариантов узловых соединений имеет как преимущества, так и недостатки, например, в упругоподатливом соединении – коррозия свариваемого металла, что является следствием высоких температур;

3. Бессварной петлевой вариант устройства вертикальных узловых соединений - несоблюдение вертикальности заземляющего арматурного стержня

и неперпендикулярность тросовых петель, что несет за собой изменения в восприятии стеновыми панелями нагрузок. Также при натяжении петель образуется локальное напряжение в месте нахлеста петель и последующее перерезание ими бетона монолитивания.

## **2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

### **2.1 Требования, предъявляемые к технологическому процессу устройства вертикальных узловых соединений железобетонных ограждающих конструкций**

Исходя из вышеизложенного анализа существующих технологий устройства вертикальных узловых соединений стеновых панелей можно установить, что предлагаемая технология быстромонтируемого вертикального скользящего соединения железобетонных ограждающих конструкций, применение которой позволяет существенно сократить объемы сварочных работ в рамках технологической последовательности устройства вертикальных узловых соединений. Кроме того, за счет упрощения конструкции обеспечивается надежное закрепление строительных конструкций в рамках рабочих горизонтов, достигая высокого качества поверхностей, учитывая уменьшенные ширины узловых соединений и полостей, заполняемых бетоном монолитивания. Таким образом можно сделать вывод о необходимости разработки и исследования предлагаемой технологии быстромонтируемого вертикального скользящего соединения.

Процесс монтажа железобетонных ограждающих конструкций включает в себя ряд последовательных технологических процессов, описанных в разделе анализа отечественного и зарубежного опыта возведения панельных зданий и сооружений. Особое внимание необходимо уделить технологическим процессам устройства межпанельных стыков, параметры которых регламентируются ТР 196-08 «Технические рекомендации по технологии герметизации и уплотнения стыков наружных стеновых панелей». [126]

Выбор ширины межпанельных стыков необходимо определять, принимая во внимание возможные эксплуатационные изменения габаритных размеров

монтируемых конструкций. Также при подборе материала необходимо учитывать их рабочую степень сжатия если в технических условиях предполагается эксплуатация в сжатом состоянии эластичных изоляционных материалов.

Одна из характеристик, регламентируемая данным нормативом – ширина стыка, образованного соединенными стеновыми панелями (1):

$$b = \frac{\Delta \lambda * 100}{\xi_{\text{доп}}} \quad (1)$$

"где  $\xi_{\text{доп}}$  – допустимая деформация герметика внутри шва, принимается равной 25%;

$\Delta \lambda$  – температурные габаритные деформации ограждающей конструкции, мм, рассчитываемое по формуле:" [108]

$$\Delta \lambda = \lambda_0 * \Delta T * \alpha \quad (2)$$

"где  $\lambda_0$  – начальная длина элемента, мм;

$\Delta T$  – разность максимальной и минимальной температур на поверхности бетонной панели летом и зимой;

$^{\circ}\text{C}$ , принимается по СП 131.13330.2018 «Строительная климатология»;

$\alpha$  - коэффициент теплового расширения элемента, мм/мм\* $^{\circ}\text{C}$ " [109]

При сравнении вариантов технологий, применяемых при устройстве вертикальных узловых соединений помимо конструктивного аспекта устройства необходимо учитывать обеспечение межпанельными стыками соблюдение эксплуатационных критериев, предъявляемых к стыкам регламентирующими нормативами, такими как:

- изоляция от окружающей среды;
- плотность стыка;
- энергоэффективность.

Также необходимо уделить особое внимание качественному уплотнению и герметизации межпанельных стыков, а именно требуется предусмотреть применение качественных герметизирующих мастик, ленточных материалов, грунтовочных составов и теплоизоляционных материалов, во избежание

нарушений требований по долговечности, минимальные значения составляют не менее 15 условных лет эксплуатации.

Так для соблюдения технологии необходимо предусмотреть все вышеизложенные технологические операции соответствия узловых соединений требованиям, регламентирующим параметры межпанельных стыков железобетонных ограждающих конструкций нормативно-технической документацией. При этом помимо данных критериев необходимо учитывать устранение дефектов, присущих существующим технологиям.

## 2.2 Зависимость технологичности узлового соединения от выбранного варианта монтажа

В соответствии с рисунком 2.1 представлены параметры, сочетание которых образует комплексную технологичность.

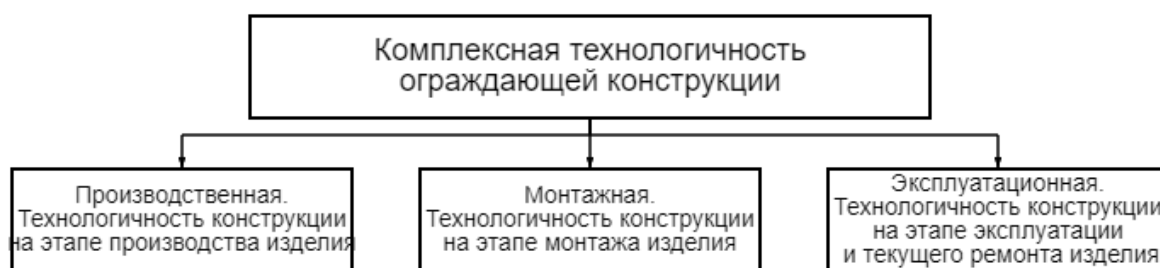


Рисунок 2.1 – Деление комплексной технологичности ограждающей конструкции.

Обеспечение комплексной технологичности реализуется за счет некоторых действий:

- контроль технологических параметров, отраженных на различных этапах рабочей документации;
- на основе контроля сбор и внесение изменений в этапы рабочей документации, данный этап позволяет скорректировать основные величины параметров технологичности к приемлемым значениям;
- модернизация и оптимизация условий, влияющих на технологические процессы изготовления и монтажа ограждающих конструкций, последующая фиксация применяемых технологий в документации на разрабатываемые конструкции.

Методика расчета параметров технологичности отличается в зависимости от подхода к необходимому уровню оценки результатов и представляет собой 3 основных варианта, представленных в соответствии с рисунком 2.2.

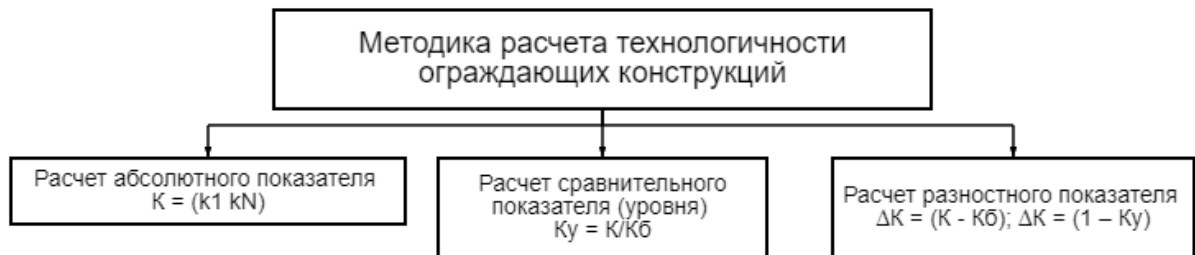


Рисунок 2.2 – Методика расчета технологичности ограждающих конструкций

Определение комплексного показателя технологичности ограждающей конструкции может происходить разнообразными способами, некоторые имеют достаточно сильные сходства, отличаясь исключительно нюансами [16]. Ниже представлен ряд методов, позволяющие установить достоверные значения комплексного показателя:

- формирование частных характеристик конструкций может приниматься обособленно, может в соответствии с количеством рассчитанных частных значений или к их суммарным значениям;
- определение арифметического среднего значения всех частных параметров с учетом их экономического «веса» по отношению к общему технологическому процессу;
- применение методов анализа корреляционных полей частных параметров и последующего регрессионного анализа данных;
- присвоение каждому частному параметру технологичности определенных баллов, в соответствии с общей системой, применяемой для определения затрат материально-технических ресурсов;
- создание методов снижения наибольших значений комплексного показателя при разнице технологических параметров известного аналога;
- использование как отдельных способов, представленных выше, так и их сочетаний.

Применение принципа снижения наибольших значений комплексного показателя, состоит из определения разницы между различными технологичными факторами исследуемой разработки и известного аналога.

Все вышеизложенное можно представить в виде формулы (3):

$$K_{\kappa\delta} = \frac{K_{\kappa1}K_{\varepsilon1} + K_{\kappa2}K_{\varepsilon2} + K_{\kappa3}K_{\varepsilon3} + K_{\kappa4}K_{\varepsilon4}}{K_{\varepsilon1} + K_{\varepsilon2} + K_{\varepsilon3} + K_{\varepsilon4}} = \frac{\sum K_{\kappa i} K_{\varepsilon i}}{\sum K_{\varepsilon i}} \quad (3)$$

где  $K_{\kappa1}$  – коэффициент, характеризующий технологичность каждой детали;

$K_{\kappa2}$  – коэффициент, относящийся к определенному этапу обработки каждой детали;

$K_{\kappa3}$  – коэффициент, характеризующий подготовку физико-механических свойств материала;

$K_{\kappa4}$  – коэффициент обработки антикоррозионными составами.

Одним из важнейших показателей строительной деятельности является рентабельность, высоких показателей которой позволяет достичь экономичность процессов устройства стеновых панелей, именно поэтому ресурсосбережение является основной группой характеристик. К данной группе относится материалоемкость, металлоемкость, энергоемкость и трудоемкость процессов.

#### Трудоемкость изготовления и монтажа продукции.

Хронометраж – является основополагающим способом определения трудоемкости технологического процесса. На основе хронометража составляется график производства работ, по нему можно определить последовательность и длительность определенных технологических процессов, действий и движений.

Учет посторонних факторов в процессе расчета трудоемкости выглядит следующим образом (4):

$$T = T_{\delta} * K_0 \quad (4)$$

где  $T_{\delta}$  – затраты труда при производстве базовой конструкции;

$K_0$  – показатель, учитывающий сложные условия выполнения работ; [16]

Учет сложности конструктивных элементов (5)

$$T = T_{\delta} * K_{cl} \quad (5)$$



Коэффициент сложности определяется экспертной оценкой, исходя из практики производства, соотнося показатели с значениями, имеющимися у базовых конструкций.

#### Материалоемкость изделия.

Применение определённых материалов рассчитывается отношением расхода конкретного материала к нормативному значению для всех материалов, затраченных на изготовление конструктивного элемента (6):

$$K_{пр.м} = M_{ni} / M_n \quad (6)$$

Расчет приведенного выше показателя позволяет определить долю конкретного материала в материалоемкости всей конструкции, соответственно позволяя осуществлять переход на более технологичные составляющие.

#### Энергоемкость изготовления и монтажа продукции.

Существуют разнообразные типы показателей, характеризующие общие затраты энергетических ресурсов, каждый из которых относится к этапам жизненного цикла конструкции, например, энергоёмкость производства, эксплуатации и ремонта конструкции.

Удельную производственную энергоёмкость изделия рассчитывают по формуле

$$\mathcal{E}_n^{уд} = \mathcal{E}_n / (P * \tau) \quad (7)$$

где  $\mathcal{E}_n$  – расход энергии на производство конструкции;  $\tau$  – установленный эксплуатационный срок конструкции;

$P$  – показатель основного параметра изделия, определяемый на основании научных исследований. [16]

При учете потребления энергии не учитываются расходы на бытовые нужды (освещение, хозяйственные мероприятия).

#### Технологическая себестоимость производства изделия.

В общем виде технологическая себестоимость строительной продукции  $C_{с.п.}$  рассчитывается по формуле (8):

$$C_{c.k} = C_{\bar{o}} + C_{ct} + C_a + C_n + C_d + C_y + C_{n.n} + C_{\phi} + C_o + C_{\Pi} + C_{3.G} \quad (8)$$

где  $C_{\bar{o}}$  - суммарная себестоимость бетонной смеси, учитывает себестоимость всех этапов производства строительной продукции;

$C_a$  - суммарная себестоимость арматурных стержней, изделий и каркасов;

$C_d$  - суммарная себестоимость монтажных закладных и стальных связующих изделий;

$C_o$  - суммарная себестоимость опалубочных конструкций. [16]

Удельная технологическая себестоимость изготовления изделия (9)

$$C_n^{y\partial} = C_n / (P * \tau) \quad (9)$$

где  $C_n$  – производственная технологическая себестоимость изделия, руб. [16]

Удельная технологическая себестоимость изделия (10)

$$C_9^{y\partial} = C_9 / (P * \tau) \quad (10)$$

где  $C_9$  – эксплуатационная технологическая себестоимость изделия, руб.

### **2.3 Предлагаемая технология устройства вертикальных узловых соединений железобетонных ограждающих конструкций**

Технический результат в виде сокращения материалоемкости узлов вертикальных соединений, сокращения затрат труда на монтаж стеновых панелей, а также повышения качества общих плоскостей, а также повышение параметров надежности узлового соединения путем устранения характерных конструктивно-технологических дефектов достигается за счет использования предлагаемой и разработанной автором технология устройства вертикальных узловых соединений железобетонных ограждающих конструкций.

Предлагаемое быстромонтируемое вертикальное скользящее соединение стеновых панелей состоит из двух торцов, с возможным внесением дополнительных узлов крепления и последующим добавлением третьего торца, двутавровых деталей на первом торце и швеллеровых на втором с шагом по высоте

каждого торца, бетона или раствора замоноличивания. Как двутавровая, так и швеллеровая деталь армируется П-образными скобами в панели, монтируемые с учетом горизонтального и вертикального армирования тела панели, обе монтажные детали располагаются на одном уровне друг с другом, выполнены из стали марки ст3, в соответствии с рисунками 2.2, 2.3 (приложение А).

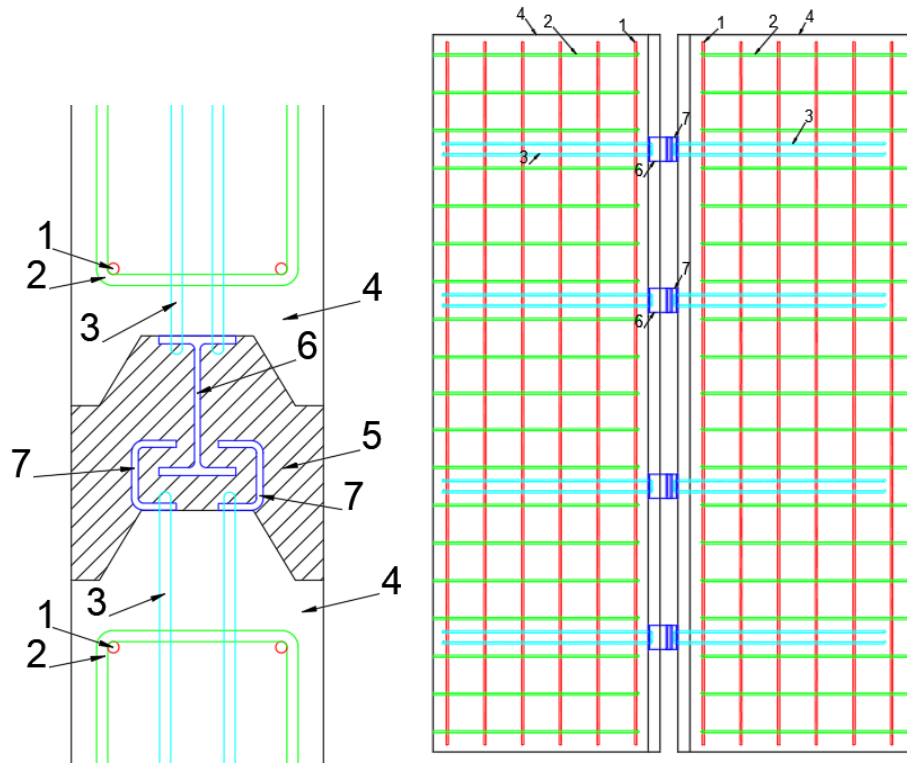


Рисунок 2.2 – Разрабатываемое узловое соединение в плане. 1 – вертикальное армирование, 2 – горизонтальное армирование, 3 – анкера, 4 – тело панели, 5 – бетон омоноличивания, 6 – двутавровая монтажная деталь, 7 – комплект швеллеровых монтажных деталей.

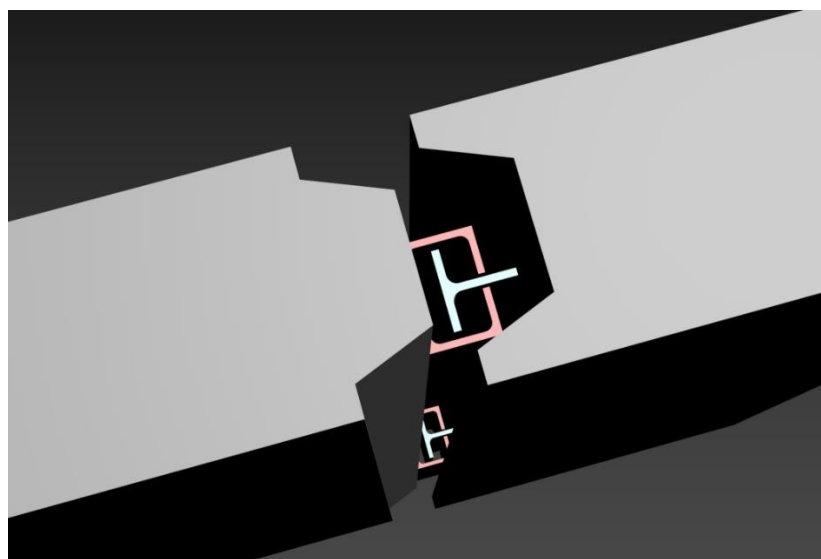


Рисунок 2.3 – 3-д модель разрабатываемого узлового соединения в смонтированном виде.

Основные этапы технологической последовательности изготовления стеновой панели практически не отличаются от известных аналогов, за исключением предусмотренных закладных деталей для устройства вертикального узлового соединения вместо закладных арматурных петель у упругоподатливого стыка, закладных под площадки для приваривания пластин у жесткого монолитного стыка и закладных заанкерованных тросовых петель у петлевого стыка. На стадии изготовления стеновой панели на производстве предусматриваются анкера для закрепления монтажных деталей.

#### **2.4 Экспериментальные исследования наиболее близкого аналога - межпанельного стыка с использованием тросовых петель**

При разработке моделей для экспериментального исследования принимались локальные фрагменты вертикальных узловых соединений ограждающих конструкций. Между собой образцы отличались различными факторами, влияющими на поведение узлового соединения в процессе эксплуатации (плоскости взаимодействия стеновых панелей между собой, формы монтажных элементов узловых соединений стеновых панелей и видов нагрузок, прикладываемых к различным вариантам исполнения узловых соединений стеновых панелей). Также каждый из этапов проведения экспериментального исследования и каждый из типов необходимо отражать на чертежах схем образцов.

Изготовленные опытные образцы должны соответствовать масштабу проводимых экспериментальных исследований, в частности при учете каких-либо масштабирующих коэффициентов, они должны быть применены ко всем габаритным размерам всех конструктивных частей опытных образцов стыков.

Также конструкция вертикальных узловых соединений предполагает отделение конструктивных частей от фасадных и теплоизолирующих слоев стеновых панелей, в связи с особенностями экспериментального исследования опытные образцы содержали исключительно несущий слой.

По результатам проведения эксперимента данные о проведенных исследованиях были внесены в отдельную сводную таблицу, в которой были

отмечены все характеристики испытуемых конструктивно-технологических решений с полным наименованием испытанных образцов. [32]

Характеристики материалов, используемых при изготовлении опытных образцов в полной мере изложены перед проведением их экспериментальных испытаний, с приложением сертификатов соответствия качества.

При проведении испытания узловых соединений с использованием гибких петель «*Peikko*» в различных плоскостях необходимо провести аналогичный анализ разрабатываемых типов узловых соединений.

На испытательном прессе ПГ–100А, в соответствии с нормативно-правовыми актами, регламентирующими испытание бетона по контрольным образцам, были испытаны кубовидные образцы.

Анализ поведения включал в себя испытание линейных узлов с приложением нагрузки в плоскости узлового соединения. Для анализа поведения узлового соединения комплект стыка включал в себя два бетонных элемента, размерами 300x280x120мм, петли, помещенные внутрь монтажных коробов, анкеровались в тело панели. По окончании заливки и выдерживания стеновых панелей петли извлекались из монтажных коробов и, в нахлест, образованный соседними петлями, размещался арматурный стержень диаметром  $\varnothing 16$ мм, сам стык опалубливался и омоноличивался бетонным раствором различной прочности (для анализа поведения узловых соединений в зависимости от прочности бетона омоноличивания).

Количество деталей выбиралось достаточным для проведения статистического анализа и последующим использованием данных в процессе математического моделирования поведения узлового соединения под различными нагрузками. В данном случае было взято по 3 образца каждого типа, в соответствии с рисунками 2.4, 2.5.

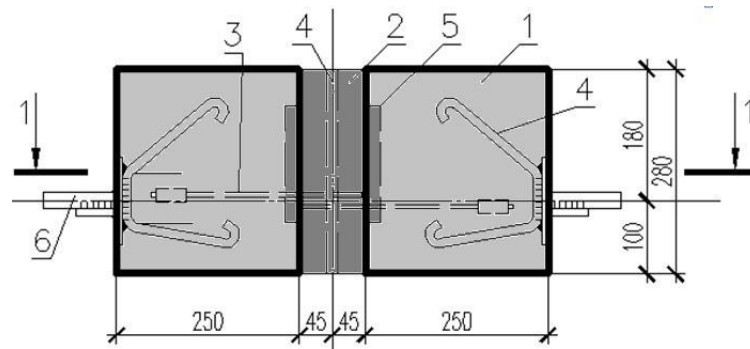


Рисунок 2.4 – Образец для испытания на линейное растяжение.

- 1 – железобетонное изделие; 2 – фрагмент вертикального стыка стеновых панелей;  
 3 – тросовые петли «РЕИККО»; 4 – арматурный стержень диаметром  $\varnothing 16$  мм;  
 5 – короб для размещения петли; 6 – силовая оснастка для передачи усилия.

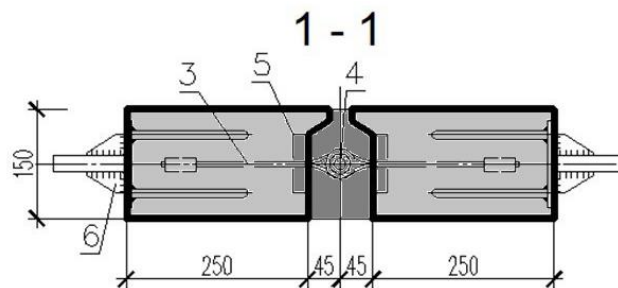


Рисунок 2.5 – Разрез 1-1.

"Одним из основных факторов, от которых зависит несущая способность тросовой петли, является глубина ее анкеровки в теле бетона стеновой панели. Для определения усилия анкеровки петли и минимального класса бетона стеновых панелей были изготовлены и испытаны образцы на выдергивание петли (типа ПУ, ПМ), в соответствии с рисунком 2.6. Образцы данной группы представляют собой бетонные изделия, в одной грани которой заанкерована тросовая петля, в другой – закладная для передачи усилия растяжения на образец." [3]

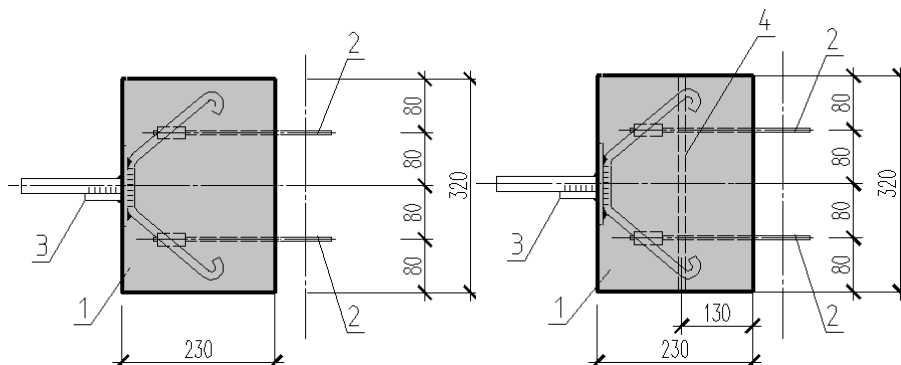


Рисунок 2.6 – Образец испытания на выдергивание.

- 1 – бетонный элемент; 2 – тросовая петля; 3 – закладные для передачи усилия растяжения;  
 4 – анкерный стержень усиления

Образцы первого варианта на выдергивание, в соответствии с рисунком 2.6 (слева), отличались от образцов второго варианта, в соответствии с рисунком 2.6 (справа), применением анкерного стержня, пропущенного через концы тросовых петель, выполняющего функции усиления, таблица 2.1.

Таблица 2.1 – Результаты испытаний тросовых петель

Тип	$\alpha^\circ$	№ в серии	R <sub>сб</sub> , МПа	R <sub>шв</sub> , МПа	N, кН
Линейное растяжение	90°	1			30
		2	31.11		15
		3			20
		4			25
		5			25
		6			25
Линейное растяжение модифицированное	90°	1	43.54	36.84	45
		2			58

Обозначения к таблице 2.1:

R<sub>сб</sub> –прочность бетона испытываемого образца;

R<sub>шв</sub> –прочность раствора омоноличивания образца;

N – несущая способность образца на растяжение.

Податливость стыков на растяжение определяется величиной смещения  $\Delta$ , которое является увеличением расстояния между смежными сборными панелями при приложении к ним растягивающих усилий нормальных стыку.

### Испытание линейных стыков.

При испытании фрагментов узловых соединений ограждающих конструкций применялась статическая нагрузка с постепенным увеличением значений на испытательной машине. В процессе нагружения фиксировались возникающие трещины и конструктивные дефекты, в соответствии с рисунком 2.7.

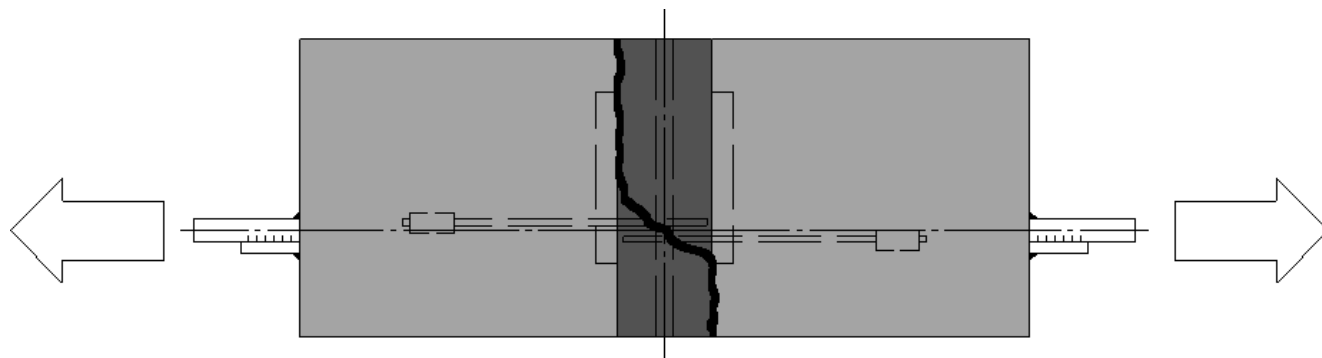


Рисунок 2.7 – Характерная схема разрушения образцов линейного стыка при растяжении.

Разрушения, наблюдавшиеся в процессе эксперимента, были схожи, происходили в местах образования трещин, в месте омоноличивания вертикального узлового соединения ограждающих конструкций, в соответствии с рисунком 2.8.



Рисунок 2.8 – Вид характерной схемы разрушения образцов линейного стыка при растяжении

### **Выводы по главе 2**

1. Установлены требования, предъявляемые к узловым соединениям стеновых панелей и железобетонным ограждающим конструкциям, составляющим межпанельный стык.

2. Определены параметры, напрямую влияющие на технологичность конструкции. Установлены варианты оценки локальных составляющих технологичности конструкции для ее дальнейшего применения к оценке узлового соединения.

3. Проведено планирование экспериментального исследования, на основе анализа экспериментального исследования наиболее близкого аналога. Установлен характер работы петлевого узлового соединения, его прочностные характеристики (в частности, необходимые для проектирования несущая способность и податливость), представленные в таблице. Зафиксирован процесс разрушения стыка, на фотографиях отмечены характерные повреждения при монотонном нагружении.

4. На основании анализа эксперимента над петлевым узлом подтверждаются характерные дефекты данного соединения, так как все повреждения узлового соединения образуются от трещин, возникающих в месте



образования нахлеста петлями. Дефект со смещением тросовых петель относительно нормали в данном эксперименте не возникал, в связи с малыми геометрическими размерами испытуемых образцов.

### **3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ**

#### **ПРЕДЛОЖЕННОГО КОНСТРУКТИВНО-**

#### **ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ УСТРОЙСТВА**

#### **ВЕРТИКАЛЬНЫХ УЗЛОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ОГРАЖДАЮЩИХ**

#### **КОНСТРУКЦИЙ**

##### **3.1 Моделирование и разработка опытных образцов**

При разработке моделей для экспериментального исследования принимались локальные фрагменты вертикальных узловых соединений ограждающих конструкций:

- фрагмент стеновой панели с двутавровой монтажной деталью, заанкерванной в тело контрольного образца пятью разными способами, для определения, путем выдергивания монтажных деталей из тела панели, прочностных характеристик отдельно монтируемых стеновых панелей и дальнейшего проектирования и использования в технологическом процессе возведения панельных зданий, в соответствии с рисунками 3.1-3.5;
- линейное узловое соединение, узел сопряжения которых реализован за счет двутавровой детали на одном торце стеновой панели и двумя швеллеровыми деталями на соседнем торце, в соответствии с рисунком 3.6;
- линейное узловое соединение, узел сопряжения которого реализован за счет двутавровой детали на одном торце стеновой панели и ответной деталью, выполненной в виде скобы на соседнем торце, в соответствии с рисунком 3.7;
- Т-образное узловое соединение, представляющей узел сопряжения внутренней стеновой панели с наружными, в качестве монтажных деталей в

данном стыке использованы двутавровые детали и швеллеровые, в соответствии с рисунком 3.8.

- Т-образное узловое соединение, представляющей узел сопряжения внутренней стеновой панели с наружными, в качестве монтажных деталей в данном стыке использованы двутавровые детали и швеллеровые, в соответствии с рисунком 3.9.

Габаритные размеры всех опытных образцов стыков отражены на соответствующих чертежах. Исследовались следующие типы узловых соединений:

- выдергивание монтажной детали, анкерование которой выполнено прямолинейным анкером, из тела стеновой панели, представляет собой один фрагмент стеновой панели, монтируемая деталь, анкеруемой в тело испытуемого фрагмента прямолинейными скобами из арматуры диаметра 8 мм, в соответствии с рисунком 3.1 и закладная пластина которого зажаты в испытуемой машине и к данному фрагменту приложено монотонно возрастающее растягивающее усилие;

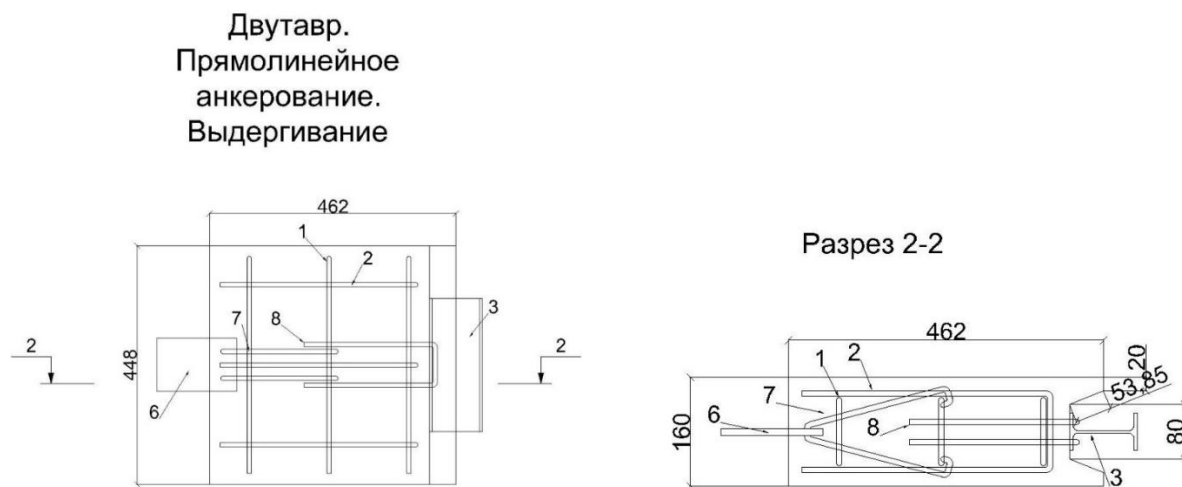


Рисунок 3.1 – Схема фрагмента стеновой панели с прямолинейным анкерованием.

1 – вертикальные армирование стеновой панели, 2 – горизонтальное армирование, 3 – двутавровая монтажная деталь, 6 – закладная деталь в виде пластины для захвата испытательной машиной, 7 – анкер, фиксирующий пластину, 8 – анкер, фиксирующий монтажную деталь.

- выдергивание монтажной детали, анкерование которой выполнено криволинейным анкером, из тела стеновой панели, представляет собой один фрагмент стеновой панели, монтируемая деталь, анкеруемой в тело испытуемого фрагмента криволинейными скобами из арматуры диаметра 8мм, в соответствии с рисунком 3.2 и закладная пластина которого зажаты в испытуемой машине и к данному фрагменту приложено монотонно возрастающее растягивающее усилие;

Двутавр.  
Криволинейное  
анкерование.  
Выдергивание

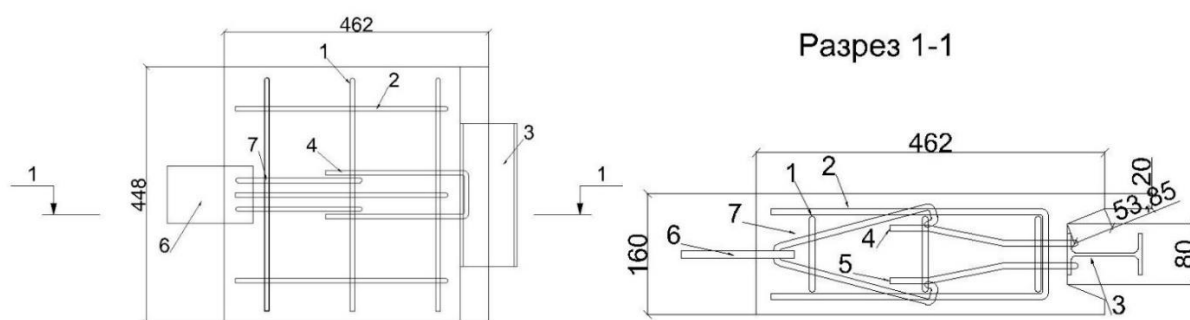


Рисунок 3.2 – Схема фрагмента стеновой панели с криволинейным анкерованием.

- 1 – вертикальные армирование стеновой панели, 2 – горизонтальное армирование,  
3 – двутапровая монтажная деталь, 6 – закладная деталь в виде пластины для захвата  
испытательной машиной, 7 – анкер, фиксирующий пластину,  
8 – анкер, фиксирующий монтажную деталь

- выдергивание монтажной детали, анкерование которой выполнено без анкеров, путем заглубления полки двутавровой детали в тело панели и устройством контакта монтируемой детали с горизонтальным армированием, из тела стеновой панели, представляет собой один фрагмент стеновой панели, монтируемая деталь, в соответствии с рисунком 3.3 и закладная пластина которого зажаты в испытываемой машине и к данному фрагменту приложено монотонно возрастающее растягивающее усилие;

Двутавр.  
Углубленное  
анкерование.  
Выдергивание

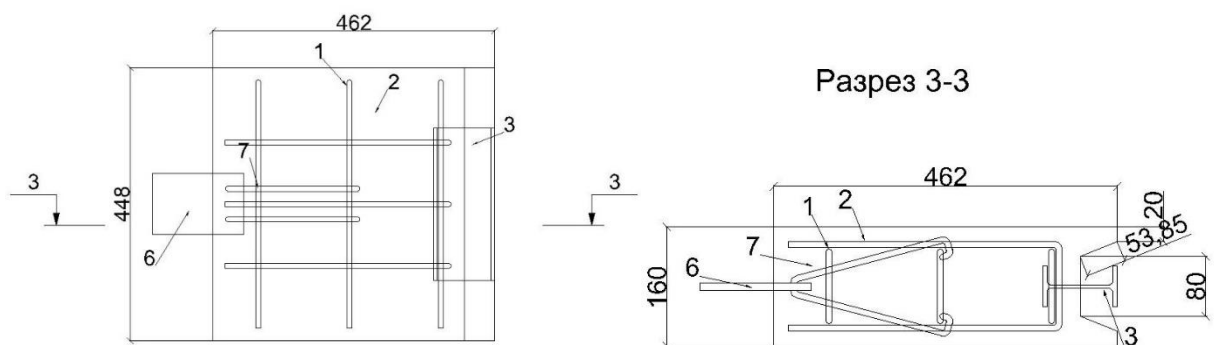


Рисунок 3.3 – Схема фрагмента стеновой панели с углубленным анкерованием.

- 1 – вертикальные армирование стеновой панели, 2 – горизонтальное армирование,  
3 – двутавровая монтажная деталь, 6 – закладная деталь в виде пластины для захвата  
испытательной машиной, 7 – анкер, фиксирующий пластину,  
8 – анкер, фиксирующий монтажную деталь

- выдергивание монтажной детали, анкерование которой выполнено анкером в форме крюка, из тела стеновой панели, представляет собой один фрагмент стеновой панели, монтируемая деталь, анкеруемой в тело испытуемого фрагмента скобами в форме крюка из арматуры диаметра 8мм, в соответствии с рисунком 3.4 и закладная пластина которого зажаты в испытуемой машине и к данному фрагменту приложено монотонно возрастающее растягивающее усилие;

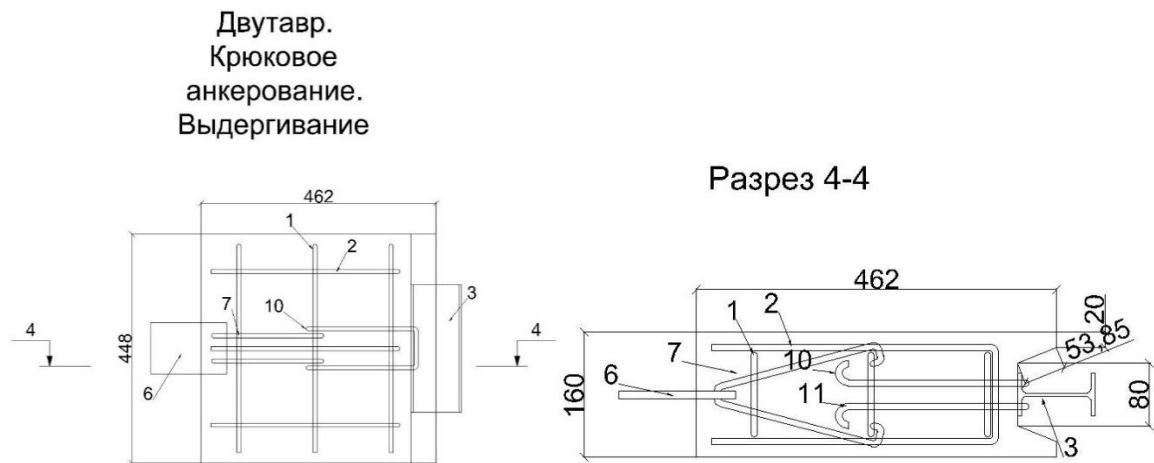


Рисунок 3.4 – Схема фрагмента стеновой панели с крюковым анкерованием.

1 – вертикальные армирование стеновой панели, 2 – горизонтальное армирование,  
3 – двухавровая монтажная деталь, 6 – закладная деталь в виде пластины для захвата  
испытательной машиной, 7 – анкер, фиксирующий пластину, 8 – анкер, фиксирующий  
монтажную деталь.

- выдергивание монтажной детали, анкерование которой выполнено анкером в форме крюка из тела стеновой панели, представляет собой один фрагмент стеновой панели: монтируемая деталь, анкеруемая в тело испытуемого фрагмента скобами в форме крюка из арматуры диаметра 8мм, контактируемой с вертикальным армированием, в соответствии с рисунком 3.5 и закладная пластина для захвата в испытуемой машине и к данному фрагменту приложено монотонно возрастающее растягивающее усилие;

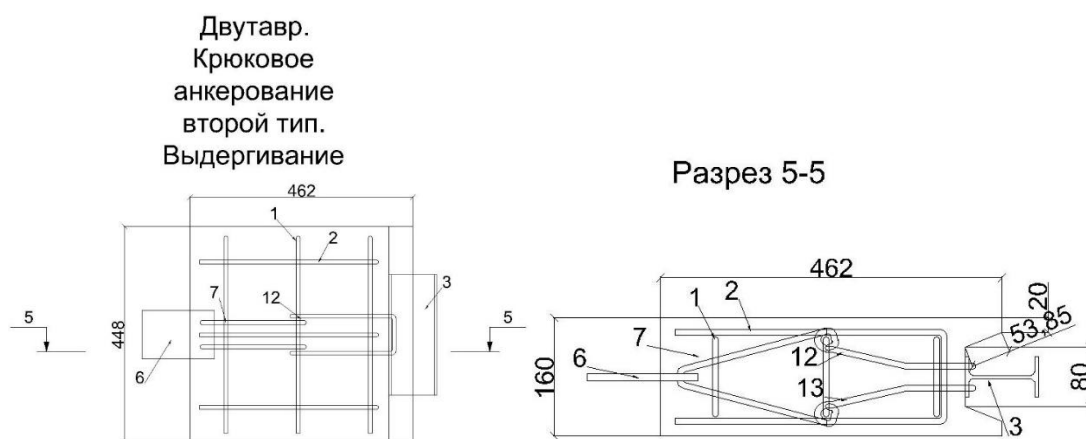


Рисунок 3.5 – Схема фрагмента стеновой панели с крюковым анкерованием второго типа.

1 – вертикальное армирование стеновой панели, 2 – горизонтальное армирование,  
3 – двухавровая монтажная деталь, 6 – закладная деталь в виде пластины для захвата  
испытательной машиной, 7 – анкер, фиксирующий пластину, 8 – анкер, фиксирующий  
монтажную деталь.

- линейный швеллеровый тип узлового соединения, представляет собой две стыкуемые стеновые панели, расположенные в одной плоскости. Основное отличие от других типов узловых соединений состоит в том, что соединение реализовано путем расположения в торце одной стеновой панели монтажной детали в виде двутавра и парой швеллеровых деталей с ответного торца, в соответствии с рисунком 3.6;



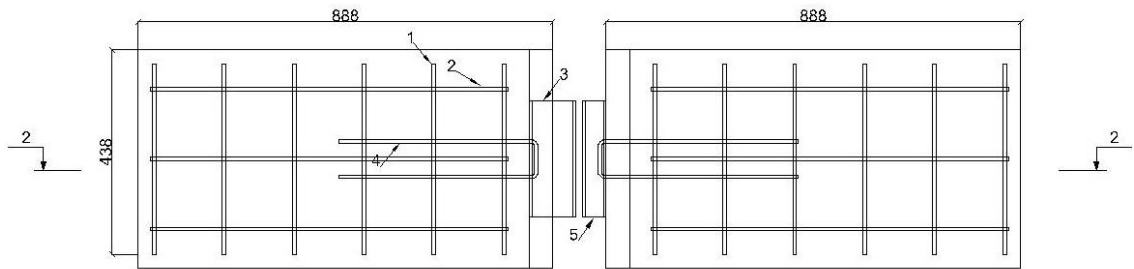
Рисунок 3.6 – Схема линейного швеллерового узлового соединения.

- 1 – вертикальные стержни арматуры, 2 – горизонтальные арматурные хомуты,  
 3 – двутавровая монтажная деталь, 4 – анкер, фиксирующий монтажные детали,  
 5 – швеллеровые монтажные детали.



- линейный скобяной тип узлового соединения, представляет собой две стыкуемые стеновые панели, расположенные в одной плоскости. Основное отличие от других типов узловых соединений состоит в том, что соединение реализовано путем расположения в торце одной стеновой панели монтажной детали в виде двутавра, а с ответного торца взамен швеллеровым деталям монтируется скоба, в соответствии с рисунком 3.7;

Линейный скобяной тип



Разрез 2-2

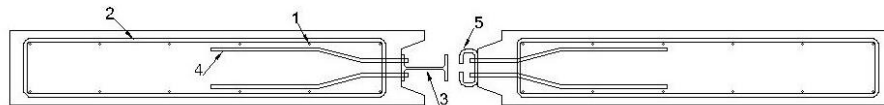


Рисунок 3.7 – Схема линейного скобяного узлового соединения.

- 1 – вертикальные стержни арматуры, 2 – горизонтальные арматурные хомуты,  
 3 – двутавровая монтажная деталь, 4 – анкер, фиксирующий монтажные детали,  
 5 – скобяная монтажная деталь.

- Т-образный швеллеровый тип узлового соединения, представляет собой две стыкуемые наружные стеновые панели, толщина стеновых панелей 160 мм и примыкающую к ним перпендикулярно третью внутреннюю стеновую панель, толщина 120 мм. Основное отличие от других типов узловых соединений состоит в том, что соединение реализовано путем расположения в торце одной стеновой панели монтажной детали в виде двутавра и парой швеллеровых деталей с ответного торца, в соответствии с рисунком 3.8;

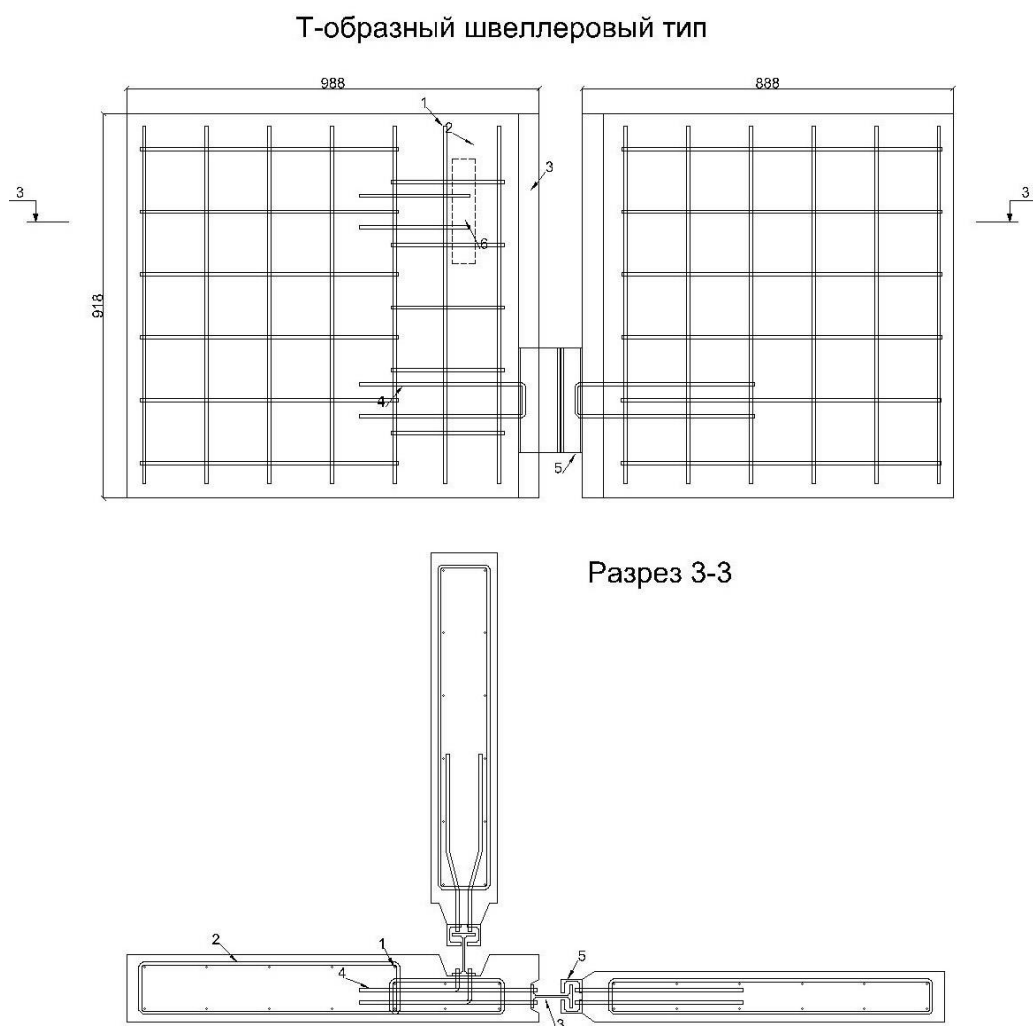


Рисунок 3.8 – Схема Т-образного типа соединения с использованием швеллеровых монтажных деталей. 1 – вертикальные стержни арматуры, 2 – горизонтальные арматурные хомуты, 3 – двутавровая монтажная деталь, 4 – анкер, фиксирующий монтажные детали, 5 – швеллеровые монтажные детали, 6 – монтажная деталь примыкающей стеновой панели.

- Т-образный швеллеровый тип узлового соединения, представляет собой две стыкуемые наружные стеновые панели, толщина стеновых панелей 160 мм и примыкающую к ним перпендикулярно третью внутреннюю стеновую панель,

толщина 120 мм. Основное отличие от других типов узловых соединений состоит в том, что соединение реализовано путем расположения в торце одной стеновой панели монтажной детали в виде двутавра, а с ответного торца взамен швеллеровым деталям монтируется скоба, в соответствии с рисунком 3.9;

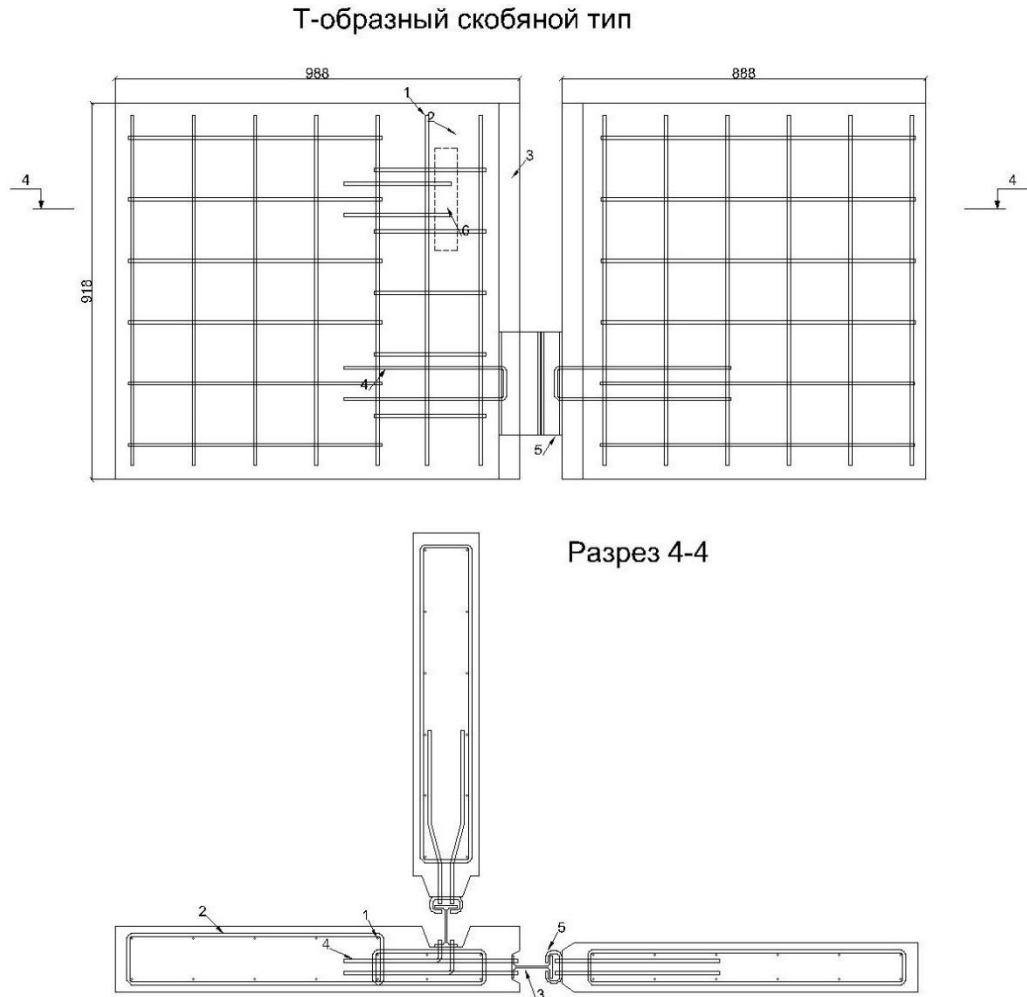


Рисунок 3.9 – Чертеж Т-образного типа соединения с использованием скобяных монтажных деталей. 1 – вертикальные стержни арматуры, 2 – горизонтальные арматурные хомуты, 3 – двутавровая монтажная деталь, 4 – анкер, фиксирующий монтажные детали, 5 – скобяная монтажная деталь, 6 – монтажная деталь примыкающей стеновой панели.

Все опытные образцы разработаны исключительно из несущего слоя. Кроме того, разработаны модели предлагаемого метода устройства узлов вертикальных соединений стеновых панелей, применимых для испытания на растяжение, изгиб и выдергивание из бетона опытных образцов, представляющих собой участки сборной стеновой панели.

По результатам проведения натурного эксперимента характеристики и типы испытанных образцов сведены в таблицу.

Экспериментальные образцы выполнены из тяжелой бетонной смеси класса В25, марка по удобоукладываемости П4, марка по морозостойкости F75, марка по водопроницаемости W4, прочность цементного вяжущего Ц42,5, с добавлением суперпластификатора ST 4.3.1 (25%), подвижность при погружении конуса П4 – 16-18 см [107].

Экспериментальные образцы были изготовлены на базе механической лаборатории ФГБОУ «Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета», сертификаты качества на материалы, использованные при изготовлении опытных образцов представлены в приложении.

### **3.2 Изготовление образцов для испытания на выдергивание монтажных деталей из бетона стеновых панелей**

Для определения необходимого количества монтажных узлов на единицу вертикального узлового соединения, имеет особое значение усилие анкерования их в тело стеновой панели, для этого были изготовлены фрагменты, содержащие на исследуемом торце двутавровую деталь с криволинейным и прямолинейным вариантами анкеровки в тело бетона изделия, в соответствии с рисунками 3.1 – 3.5.

Процесс изготовления испытуемых образцов начинается с подготовки двутавровых деталей, в соответствии с рисунком 3.10, исходя из геометрических параметров (габаритные размеры деталей должны быть равны 250 мм и подготовки отверстий под анкера для дальнейшей установки их в опалубку.



Рисунок 3.10 – Подготовленные к установке детали.

Следующим этапом является производство опалубочных коробов, изготовленных из фанеры толщиной 10 мм, вязка арматурных каркасов с учетом анкерования и проектной документации, описанной выше и временное закрепление

деталей в стенках опалубки, в соответствии с рисунком 3.11, для последующей заливки бетонной смесью.



Рисунок 3.11 – Арматурный каркас испытуемого фрагмента с монтажной деталью, установленной прямолинейным анкером.

Очередным этапом, после вязки арматурных каркасов, является укладка бетонной смеси в опалубочные формы для последующего набора прочности, в соответствии с рисунком 3.12.



Рисунок 3.12 – Сформированные образцы.

По прибытии смеси на строительную площадку её подвижность была проверена на соответствие паспортным показателям.

При укладке бетонной смеси в формы основных образцов, также были изготовлены контрольные образцы кубической формы линейными размерами 100x100x100 мм, в соответствии с рисунком 3.13 для проверки прочностных характеристик бетона разрушающим методом, согласно ГОСТ 10180-2012 «Методы определения прочности по контрольным образцам».





Рисунок 3.13 – Сформированные образцы для проверки прочностных характеристик бетона разрушающим методом.

Спустя сутки была демонтирована опалубка для дальнейшего высыхания и набора необходимой прочности, в соответствии с рисунком 3.14. Контроль набора прочности проводился неразрушающим методом с использованием прибора ИПС-МГ4.01, таблица 3.1.



Рисунок 3.14 – Набор прочности образцами

Таблица 3.1 – Результаты контроля набора прочности опытными образцами

В мегапаскалях

Наименование бетонируемой детали	Прочность бетона при распалубке	Прочность бетона в промежуточном возрасте			Прочность бетона в проектном возрасте
		09.04.2021	13.04.2021	21.04.2021	
Прямолинейный анкер	3,4	17	25,5	30,6	34
Криволинейный анкер	2,6	13,1	19,7	23,6	26,2
Крюковой анкер	3,3	16,5	24,8	29,7	33
Крюковой анкер. Второй тип	2,9	14,6	21,8	26,2	29,1
Углубленный тип	2,8	14,1	21,1	25,3	28,1

Дата укладки бетонной смеси в образцы идентичная, производилась в промежутке 14:30-15:30 06.04.2021. Маркировка бетонной смеси, применяемой в опытных образцах также единая В25П4F75W4. Объем каждого конструктивного элемента составляет по 0,04 куб.м. Способы и режимы твердения в зависимости от элементов не изменялись, применялась тепловая обработка с естественным давлением, также при укладке бетонной смеси температура наружного воздуха составляла +5°C.

### **3.3 Экспериментальное исследование предлагаемого типа узлового соединения**

В процессе проектирования моделей образцов предлагаемого типа узлового соединения для испытаний была разработана индивидуальная оснастка для универсальной электромеханической машины Instron-5989. Оснастка представляла собой трубу с внутренним диаметром 25 мм и стенкой, толщиной 3,2 мм. Для корректной передачи нагрузки от испытательной машины на образец было решено произвести пропилы в трубе и полке двутавровой монтажной детали таким образом, чтобы стенки можно было приварить друг к другу, в соответствии с рисунком 3.15 - первый вариант испытательной оснастки.



Рисунок 3.15 – Первый вариант испытательной оснастки.

В процессе проведения испытания оснастка не выдержала сжимающих усилий, и смялась при достижении нагрузки в 30 кН, в соответствии с рисунком 3.16, эксперимент решено было приостановить и доработать элементы оснастки.

График испытания на растяжение

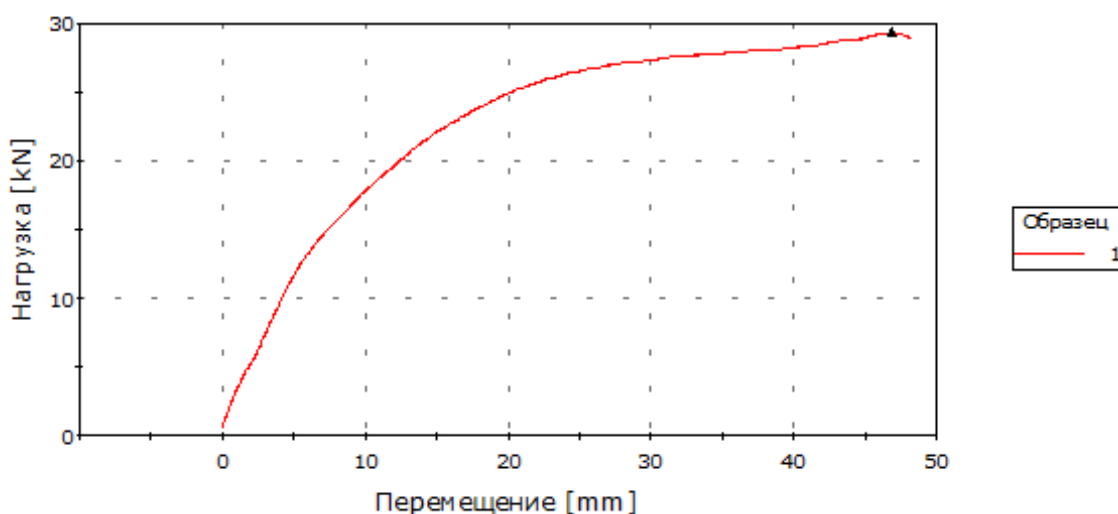


Рисунок 3.16 – График испытания на растяжение при смятии трубы

Для корректной передачи усилия от испытательной к контрольным образцам необходимо было внести корректировки в элементы оснастки и повторить эксперимент. Для исключения смятия стенок труб внутри них был предусмотрен арматурный стержень, диаметром 20 мм.

Второй вариант оснастки не выдержал нагрузки на растяжение и вследствие достижения нагрузки отметки в 81,11 кН, в соответствии с рисунком 3.17 прямолинейным и 95,88 кН, в соответствии с рисунком 3.18 криволинейным анкерами соответственно, стенки трубы разорвались, в соответствии с рисунком 3.19.

График испытания на растяжение

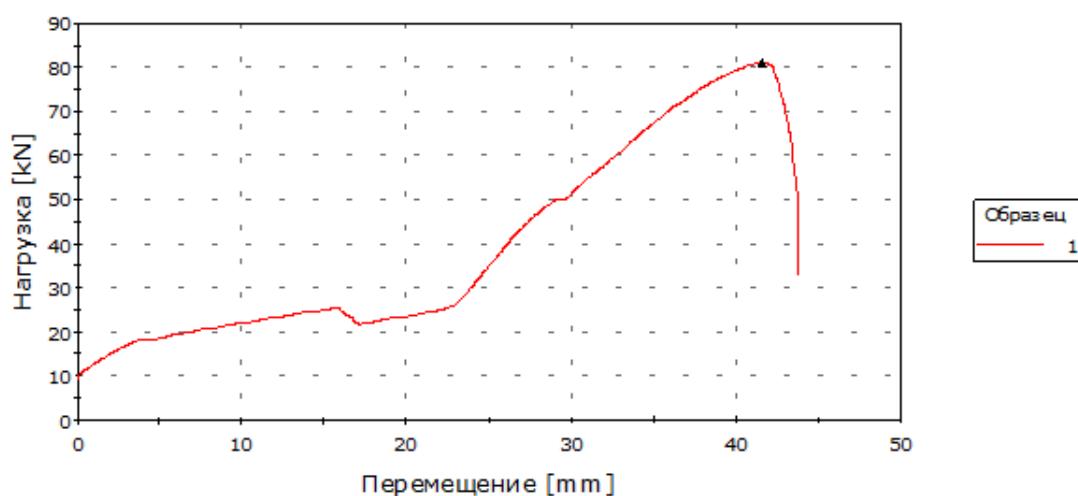


Рисунок 3.17 – Нагрузка образца с прямолинейным анкером при разрыве оснастки.



График испытания на растяжение

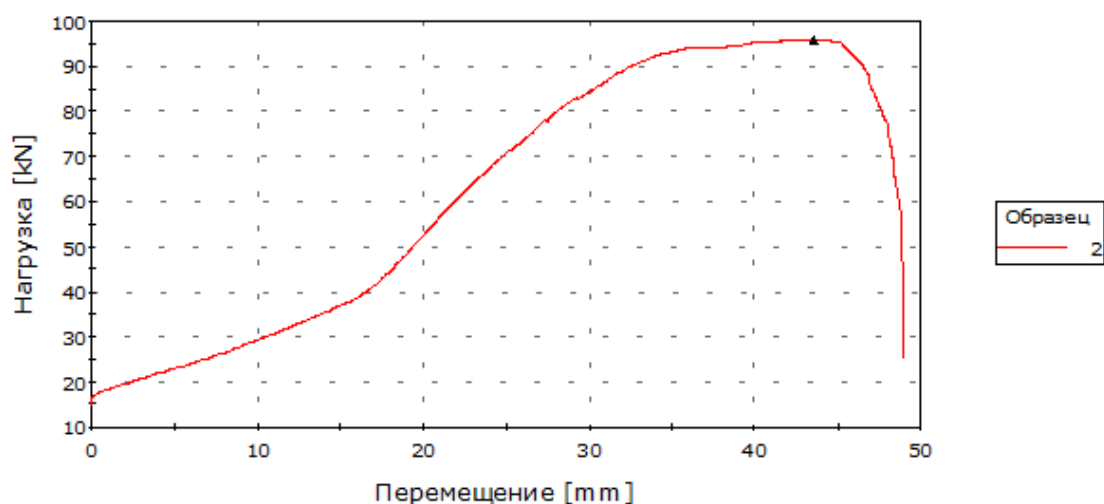


Рисунок 3.18 – Нагрузка образца с криволинейным анкером при разрыве оснастки

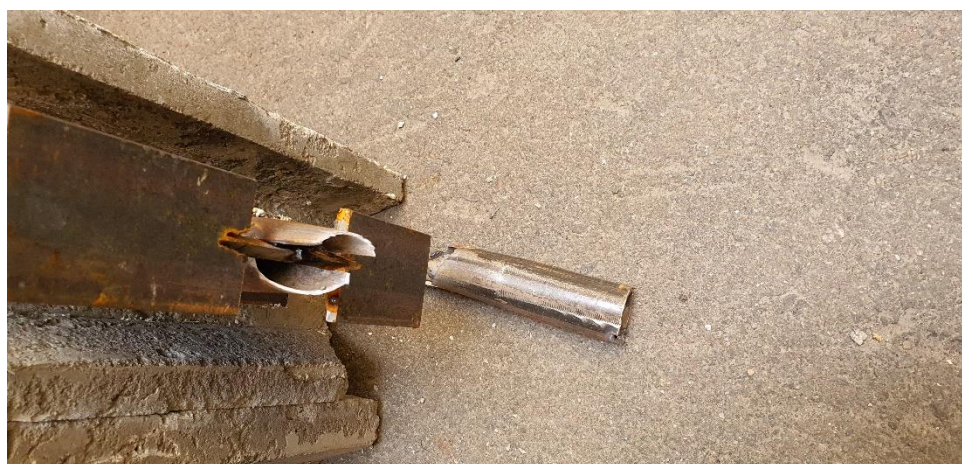


Рисунок 3.19 – Разрыв элементов оснастки второго варианта.

Для доработки оснастки было принято решение о полной замене труб на арматурные стержни, диаметром 28 мм. Для полного прилегания стержня к полке двутавровой детали необходимо было корректно демонтировать трубу, для чего была демонтирована полка двутавровой монтажной детали.

Финальный этап эксперимента прошел успешно, детали на выдергивание показали 118,68 кН, в соответствии с рисунком 3.20 – крюковой первый вариант, 111,75 кН, в соответствии с рисунком 3.21 – крюковой второй вариант и 61,75 кН, в соответствии с рисунком 3.22 – углубленный вариант.

График испытания на растяжение

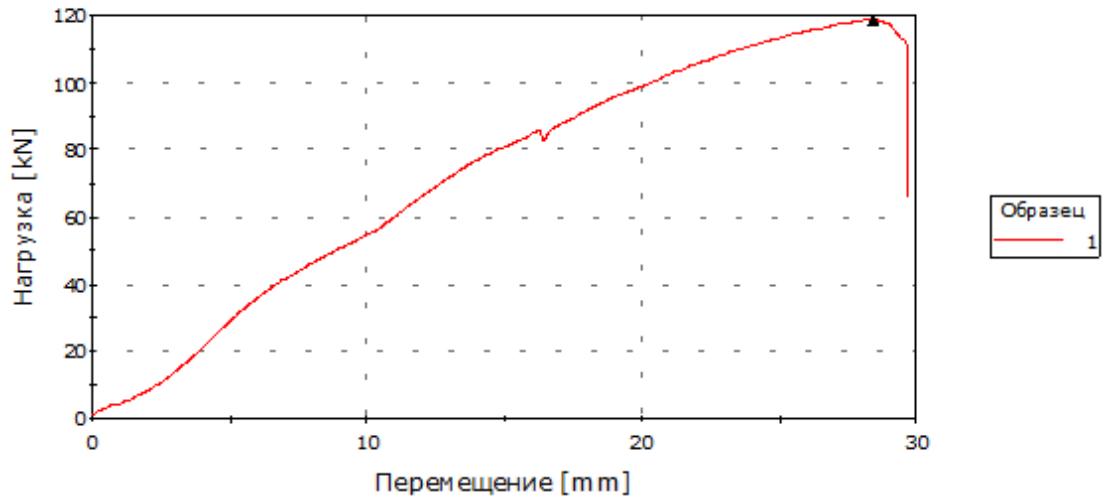


Рисунок 3.20 – Нагрузка образца с крюковым анкером первого типа.

График испытания на растяжение

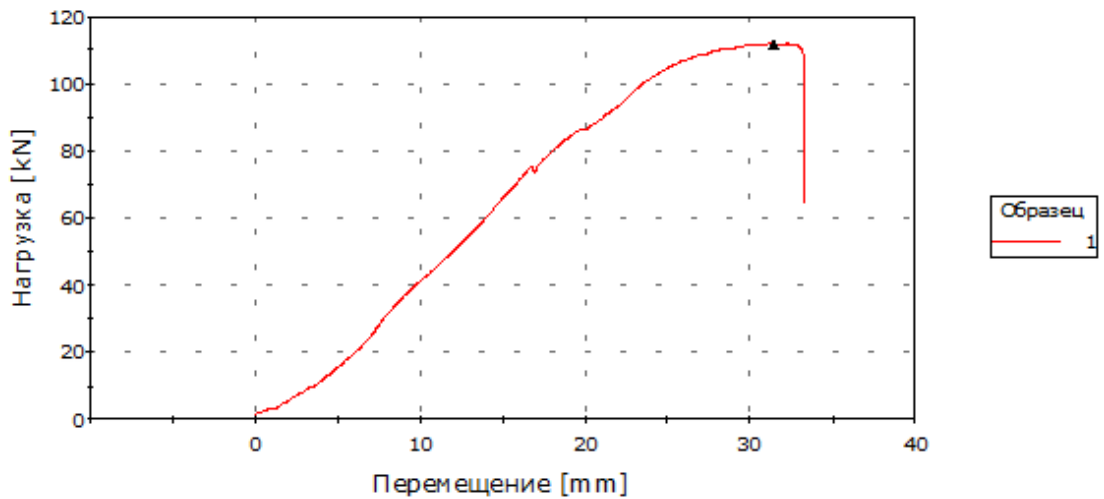


Рисунок 3.21 – Нагрузка образца с крюковым анкером второго типа.

График испытания на растяжение

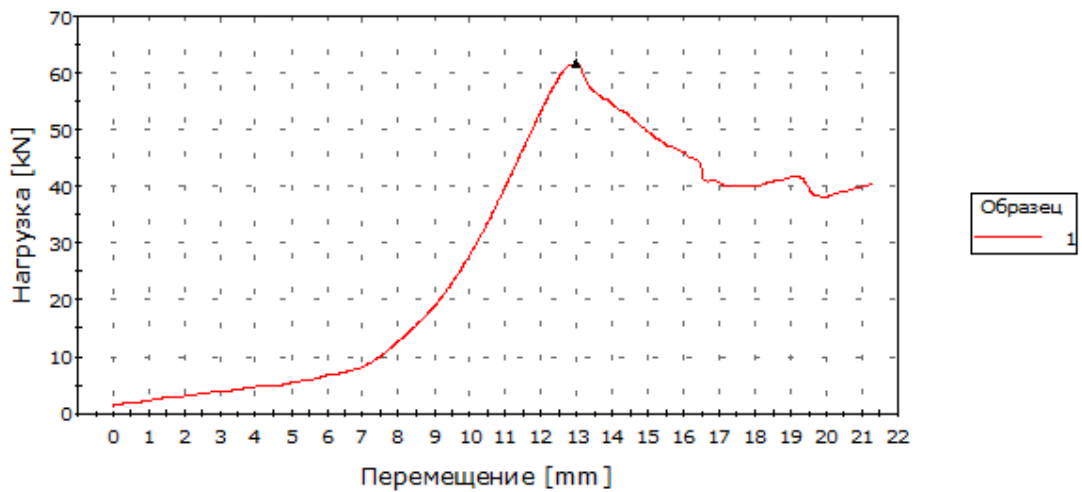


Рисунок 3.22 – Нагрузка образца с углубленным типом анкерования.

Общая картина дефектов, образовавшихся в процессе испытаний схожа во всех вариантах анкерования кроме углубленного варианта. В связи с особенностью конструкции образца, разрушение испытуемого торца случилось на более ранних этапах, при гораздо меньших воспринимаемых нагрузках, в соответствии с рисунком 3.23.



Рисунок 3.23 – Наиболее характерные повреждения контрольных образцов.

Также после проведения всех необходимых испытаний в контрольных образцах с крюковым анкерованием первого и второго типа были проведены замеры образовавшихся трещин ультразвуковым дефектоскопом бетона *PUNDIT LAB+*, в соответствии с рисунком 3.24, показания которого были в пределах от 20 до 30 мм,



Рисунок 3.24 – Замеры трещин ультразвуковым прибором.

### Выводы по 3 главе

1. Проведено экспериментальное исследование по определению прочностных характеристик предлагаемого варианта узлового соединения для дальнейшего определения необходимого количества монтажных деталей на каждое

отдельное вертикальное соединение. Результат экспериментального исследования позволяет определить наиболее прочный вариант анкерования монтажных деталей в тело панели;

2. Доказано, что разрабатываемая предлагаемая автором технология устройства вертикальных узловых соединений по прочностным характеристикам превосходит наиболее близкий существующий аналог (гибкий петлевой межпанельный стык). Из сравнения идентичных показателей петлевого и предлагаемого варианта узлового соединения следует что прочностные характеристики отдельных монтажных стыков избыточны, что позволяет сократить их количество до минимума;

3. Исходя из повреждений, полученных деталями вовремя проведения экспериментальных исследований можно сделать вывод о том, что дефект наиболее близкого аналога, а именно перерезание раствора омоноличивания тросовыми петлями при натяжении не характерен для разрабатываемой технологии устройства вертикальных узловых соединений железобетонных ограждающих конструкций.

## **4 РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ, РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕДЛАГАЕМОГО КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ**

### **4.1 Регрессионный анализ полученных экспериментальных данных**

Для достижения необходимого результата в виде возможности прогнозирования характеристик межпанельного стыка имея разрушаемый и ресурсоемкий характер эксперимента применяется метод регрессионного анализа. При работе с которым применяются различные критерии оценки модели, а также использования различных методов оценки, при которых определяются одна или несколько зависимых переменных.

Для определения зависимостей между переменными в графике необходимо построить корреляционные поля, в соответствии с рисунком 4.1. Зависимостью в данном конкретном случае принимается увеличение параметра перемещения монтажной детали в зависимости от величины нагрузки, подающей через оснастку на тело испытываемых образцов. Анализ и прогнозирование перемещения монтажных деталей позволит оценивать трещинообразование в межпанельных стыках, а также их податливость в процессе эксплуатации.

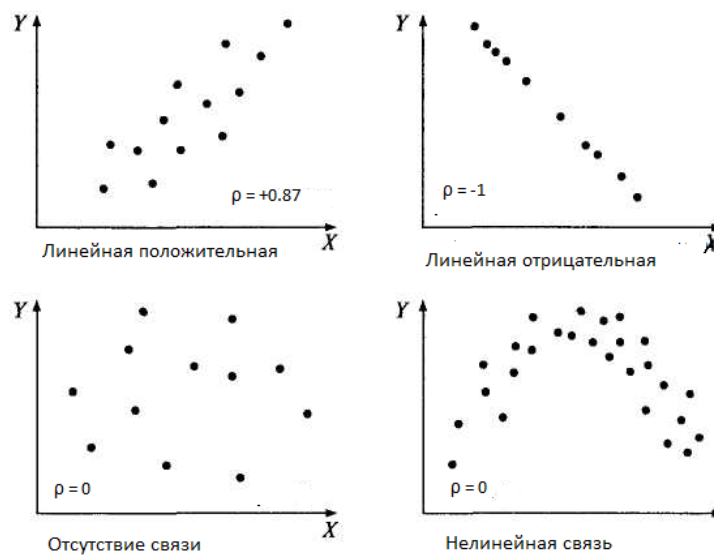


Рисунок 4.1 – Корреляционные поля и определение зависимостей.

При проведении любого эксперимента с высокой долей вероятности при изложении его результатов, будут наблюдаться явно отклоняющиеся показатели. В случае с проведенными тестами были проведены проверки на предмет выбросов, наличие которых позволяет либо исключать резко отклоняющиеся точки на графиках согласно определенного критерия, либо не исключать эти данные, что в последствии увеличивает вероятность получения некорректных данных при прогнозировании регрессионного анализа.

При невоспроизводимом эксперименте поведения различных монтажных деталей в теле железобетонных элементов прогнозируется линейная зависимость параметров деформации от напряжения, прикладываемого к конструкции, до определенного момента, неизвестного инженеру. Именно для нахождения таких характерных изменений используется критерий Шовене, который анализирует наличие отклонение двух точек от среднего квадратического отклонения, что указывает на достижение предела линейности кривой, образованной массивом итогов испытания [13]. Результатом применения критерия Шовене является более сглаженная линия графика и более равномерное корреляционное поле, в соответствии с рисунками 4.2-4.5.

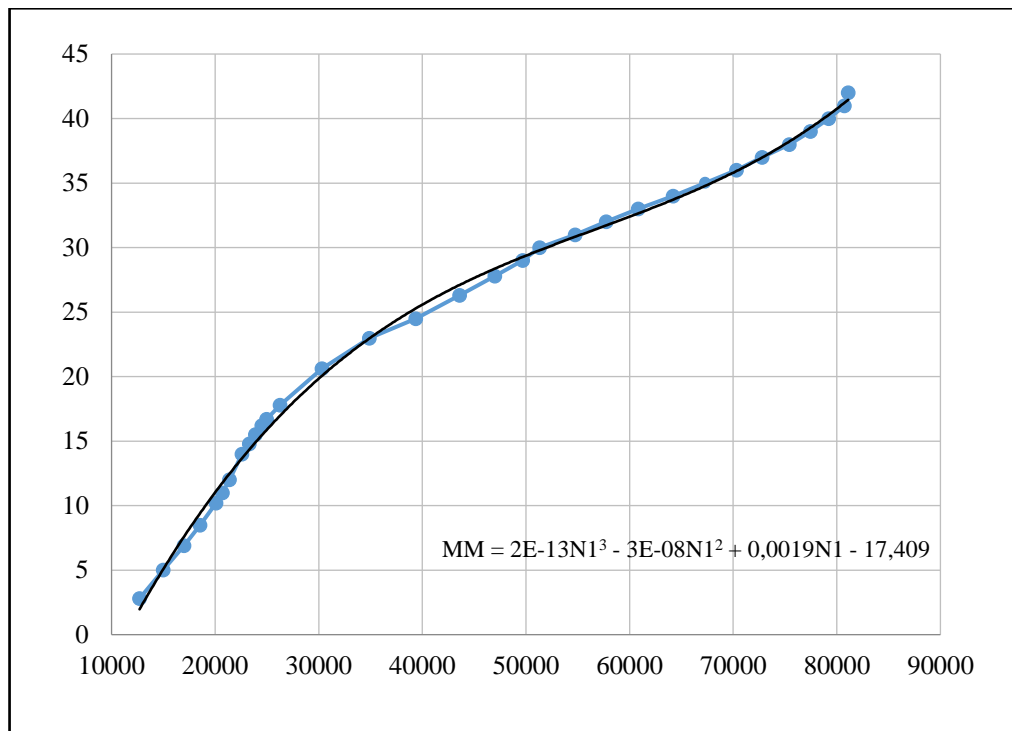


Рисунок 4.2 – Результаты испытания опытного образца с прямолинейным анкерованием монтажных деталей. Ось абсцисс: воспринимаемая нагрузка; Ось ординат: перемещение монтажной детали.

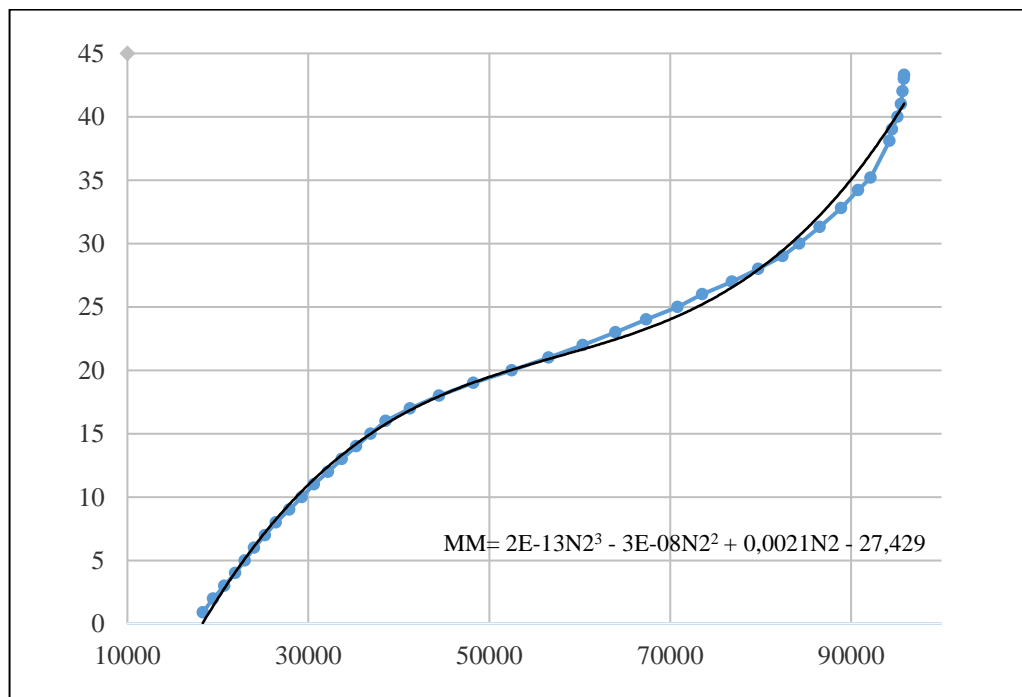


Рисунок 4.3 – Результаты испытания опытного образца с криволинейным анкерованием монтажных деталей. Ось абсцисс: воспринимаемая нагрузка; Ось ординат: перемещение монтажной детали.

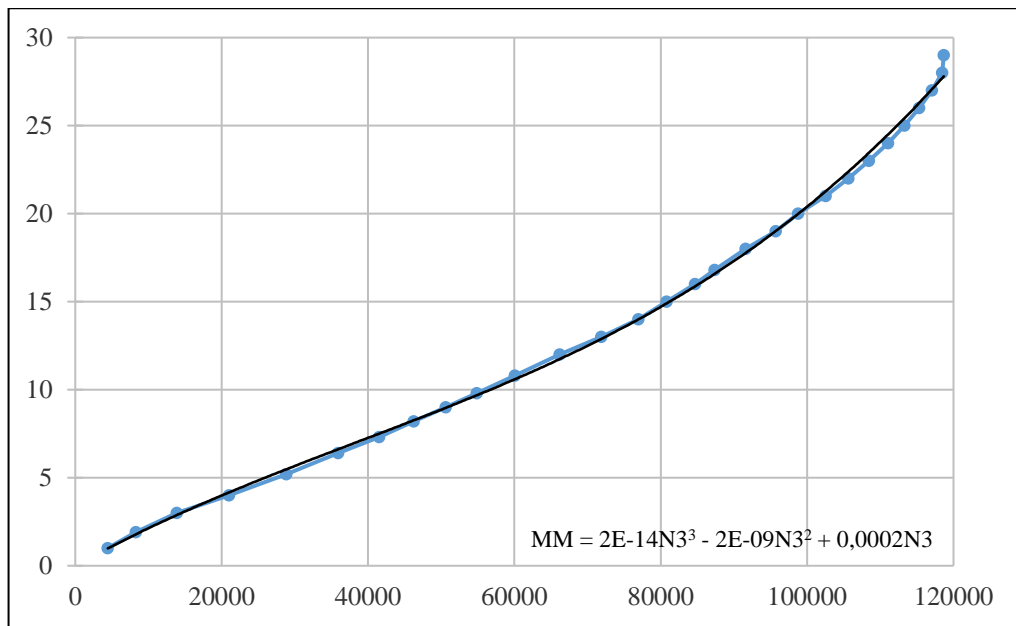


Рисунок 4.4 – Результаты испытания опытного образца с крюковым анкерованием монтажных деталей первого типа. Ось абсцисс: воспринимаемая нагрузка; Ось ординат: перемещение монтажной детали.

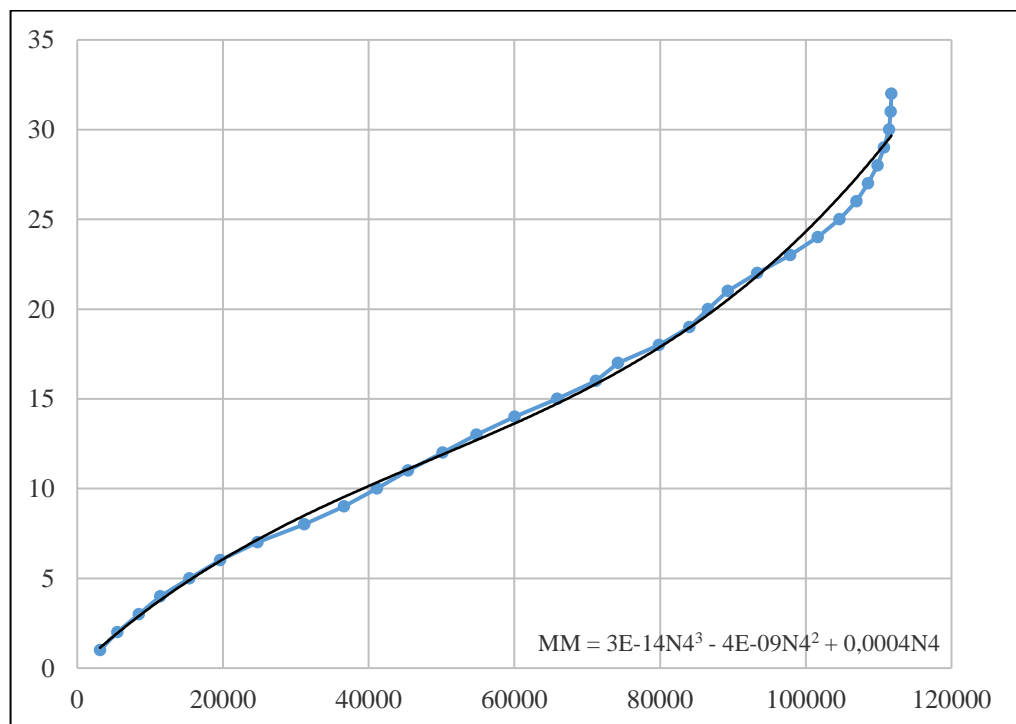


Рисунок 4.5 – Результаты испытания опытного образца с крюковым анкерованием монтажных деталей второго типа. Ось абсцисс: воспринимаемая нагрузка; Ось ординат: перемещение монтажной детали

По обработанным массивам данных можно вычислять регрессионные уравнения, но любое уравнение должно верно указывать прогнозируемые



значения, соответственно перед их утверждением необходимо проводить анализ параметров регрессии.

Характер работы узлового соединения и нагрузки, выдерживаемые монтируемыми деталями превосходят нагрузки, установленные при испытании наиболее близкого существующего аналога вертикального узлового соединения стеновых панелей. Финальный этап эксперимента прошел успешно, испытуемые образцы на выдергивание показали 118,68 кН, в соответствии с рисунком 4.4 – крюковой первый вариант, при малых перемещениях монтажных деталей внутри завершенного межпанельного стыка. В связи с ранним разрушением в процессе испытания, малыми воспринимаемыми нагрузками (максимальные значения достигают 61 кН) и обширными повреждениями был исключен вариант углубленного анкерования монтажных деталей.

В качестве первого критерия оценки может быть использован метод наименьших квадратов, который позволяет получать значения искомых параметров, при которых сумма квадратов отклонений фактических значений функции от теоретических значений крайне мала.

$$\sum (y - \hat{y})^2 \rightarrow \min \quad (11)$$

где  $\hat{y}$  - значение, полученное с помощью разработанной модели;

$y$  - фактически полученные данные, в рамках проведенного испытания.

Оценку качества разработанных для испытания моделей возможно осуществлять, производя расчеты коэффициента детерминации, а также средней ошибки аппроксимации (среднее отклонение расчетных данных согласно уравнению регрессии модели от фактически полученных при эксперименте).

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{y_i - y_{xi}}{y_i} \right| * 100\% \quad , \text{ т.е. } A_i = \left| \frac{y_i - y_{xi}}{y_i} \right| \quad (12)$$

где  $y_i$  - значения из массива данных;

$y_{xi}$  - значения обобщающей регрессионной кривой;

Допустимый предел  $\bar{A}$  для оценки достоверности модели должно находиться в пределах 8-10%.

Долю дисперсии, объясняемую регрессией, в общей дисперсии результативного признака у характеризует коэффициент (индекс) детерминации R:

$$R^2 = \frac{\sum (y_x - \bar{y})^2}{\sum (y - \bar{y})^2} \quad (13)$$

где  $\sum (y_x - \bar{y})^2$  - факторная сумма квадратов отклонений, объясняющая регрессию;

$\sum (y - \bar{y})^2$  - остаточная сумма квадратов отклонений, позволяющая учесть неучтенные факторы в модели.

Коэффициент детерминации – квадрат коэффициента или индекса корреляции:

$$R(x, y) = r_{xy}^2 \quad (14)$$

Согласно расчетам по формулам (12) и (13) предлагаемые модели, разработанные на основе экспериментальных данных, имеют следующие показатели качества таблица 4.1.

Таблица 4.1 – Основные показатели качества разработанных моделей

Модель	Коэффициент детерминации	Ошибка аппроксимации
№1. Прямолинейное анкерование.	$R^2 = 0,99$	$\bar{A} = 3,6\%$
№2. Криволинейное анкерование.	$R^2 = 0,99$	$\bar{A} = 5,3\%$
№3. Крюковой первый тип.	$R^2 = 0,96$	$\bar{A} = 1,9\%$
№4. Крюковой второй тип.	$R^2 = 0,96$	$\bar{A} = 3,1\%$

Модель считается качественной в том случае, если коэффициент детерминации находится как можно ближе к единице и ошибка аппроксимации не превышает 8%. В процессе испытаний и регрессионного анализа не рассчитывался углубленный вариант стыка, так как его результаты были неудовлетворительны.

В целях прогнозирования расчётных значений прочностных характеристик стыка используются основные коэффициенты при значениях  $X$ , а также свободный член уравнение регрессии, таблица 4.2.

Таблица 4.2. Прогнозирование значений, с учетом применения основных параметров уравнения регрессии

Модель	Нагрузка, кН	Прогноз перемещения монтажных деталей, мм	
		Точечный	Интервальный (надежность 95%)
№1. Прямолинейное анкерование.	60	32,4	31,19 – 33,6
	70	35,81	34,45 – 37,16
	80	40,76	39,52 – 42
№2. Криволинейное анкерование.	60	21,59	19,87 – 23,3
	70	24,02	22,3 – 25,75
	80	28,08	26,35 – 29,81
№3. Крюковой первый тип.	60	10,58	9,86 – 11,30
	70	12,5	11,78 – 13,22
	80	14,71	13,99 – 15,43
№4. Крюковой второй тип.	60	13,63	12,07 – 15,18
	70	15,58	14,02 – 17,12
	80	17,89	16,34 – 19,44

Для расчета интервальных прогнозов помимо коэффициентов регрессионного уравнения и свободного члена также необходимо рассчитать значение предельной ошибки, которое можно рассчитать по формуле (15), вычисление предельных ошибок невозможно без определения остаточной дисперсии (16).

$$m_{npi} = S_{ост} \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_{npi} - \bar{x})^2}{\sum (x - \bar{x})^2}} \quad (15)$$

$$S_{ост}^2 = \frac{\sum (y - y_{расч})^2}{n - m - 1} \quad (16)$$

где  $x_{npi}$  - параметр, характеризующий ошибку положения линии регрессии;  
 $\bar{x}$  - фактическое значение;  
 $x$  - признак-фактор, по нахождению которого можно оценивать качество прогнозируемых результатов;  
 $n$  - количество полученных результатов в рамках проводимого эксперимента.

#### **4.2 Расчет трудоемкости, себестоимости и материалоемкости предлагаемого варианта конструктивно-технологического решения**

На основе руководства по определению расчетной стоимости и трудоемкости изготовления сборных железобетонных конструкций на стадии проектирования [97] из изначальной формулы определения полной себестоимости изготовления строительной продукции (8) были исключены некоторые показатели, являющиеся идентичными для абсолютно всех производства стеновых панелей, имеющих в своей основе различные типы конструктивно-технологических решений устройства вертикальных узловых соединений и формула приобрела вид (17). Тот же принцип относится и к расчету трудоемкости изготовления строительных конструкций.

$$C_{с.к.} = C_{\bar{b}} + C_{ст} + C_a + C_n + C_{\delta} + C_y + C_{н.н} + C_{\phi} + C_o + C_{II} + C_{з.г} \quad (8)$$

$$C_{с.к.} = C_{\bar{b}} + C_a + C_{\delta} + C_o \quad (17)$$

где  $C_{\bar{b}}$  - суммарная себестоимость бетонной смеси;

$C_a$  - суммарная себестоимость арматурных стержней, изделий и каркасов;

$C_{\delta}$  - суммарная себестоимость монтажных закладных и стальных связующих изделий;

$C_o$  - суммарная себестоимость опалубочных конструкций.

$$T_{с.к.} = T_{\bar{b}} + T_{\delta} + T_y + T_{\phi} \quad (18)$$

где  $T_{\bar{b}}$  - суммарные трудозатраты на укладку бетонной смеси;

$T_{\delta}$  - суммарная трудоемкость изготовления монтажных закладных и стальных связующих изделий;

$T_{\gamma}$  - суммарная трудоемкость установки в проектное положение арматурных и монтажных изделий;

$T_{\phi}$  - суммарная трудоемкость формирования железобетонных конструкций.

Суммарная стоимость бетонной смеси представляет собой произведение трехосновных параметров (19):

$$C_{\delta} = \sum B_n K_{\delta} C_{\delta} \quad (19)$$

где  $B_n$  - объем необходимой бетонной смеси;

$K_{\delta}$  - коэффициент расхода бетонной смеси, принимаемый равным 1,01;

$C_{\delta}$  - отпускная цена бетонной смеси принимаемая исходя из базовых цен, согласно ФСБЦМ-2022 группа 04.1.02.01-0009 для бетонной смеси В25, данная расценка равна 653,31 руб./куб. метр.

Исходя из расчетной формулы (19), для анализа технологических параметров, необходимо определить фактические значения себестоимости. Таким образом,  $C_{\delta}$  для упругоподатливого узла соединения составляет 2138 руб./куб. м,  $C_{\delta}$  для петлевого узла соединения – 2128 руб./куб. м,  $C_{\delta}$  для предлагаемого автором узла соединения – 2132 руб./куб. м, в связи с незначительными особенностями конструкции торцов, наблюдается незначительная разница между анализируемыми типами соединений.

$$T_{\delta} = \sum B_n K_{\delta} C_{\delta} \quad (20)$$

где  $C_{\delta}$  - трудовые затраты на приготовление 1 куб. метра бетонной смеси.

Затраты труда в чел/час, принимаются согласно ГЭСН06-08-001-01, норма взята согласно укладке смеси в горизонтальные конструкции, принимается равной 8,06 чел/ч на укладку одного куб. м бетонной смеси.

Расчетная формула (20), позволяет для анализа технологических параметров, определить фактические значения трудоемкости укладки бетонной смеси. Таким

образом,  $T_{\delta}$  для упругоподатливого узла соединения составляет 26,38 чел/ч,  $T_{\delta}$  для петлевого узла соединения – 26,25 чел/ч,  $T_{\delta}$  для предлагаемого автором узла соединения – 26,31 чел/ч.

$$C_a = \sum B_a * \frac{Ц_a}{1000} \quad (21)$$

где  $B_a$  - масса каждого отдельного изделия по видам;

$Ц_a$  - отпускная цена арматуры, принимаемая исходя из базовых цен, согласно ФСБЦМ-2022 группа 08.4.03.03-0003, принимается 5802,77 руб./т.

Конструктивно арматурный каркас типовых конструкций имеет идентичный состав, соответственно, их себестоимость внутри всех рассматриваемых типов узловых соединений будет равна 1550,56 руб.

$$T_y = \sum B_a * \frac{Ч_a}{1000} \quad (22)$$

где  $Ч_a$  - суммарные затраты труда на изготовление 1т арматурных изделий каждого вида в отдельности.

Согласно [97] для пространственных каркасов трудоемкость процессов укладки арматурных стержней в опалубочные формы, является составной величиной и представляет из себя сумму трех основных составляющих, а именно трудоемкость изготовления плоских каркасов – основных стержней армирования ограждающей конструкции и гнутых П-образных деталей – выполняющих функцию усиления торцевых плоскостей железобетонных изделий.

Аналогично подсчету себестоимости арматурного каркаса, суммарный вес изделий остается идентичным, соответственно и себестоимость не будет изменяться в зависимости от вида узлового соединения и будет составлять 13,17 чел/ч.

$$C_{\delta} = \sum B_{\delta} * \frac{Ц_{\delta}}{1000} \quad (23)$$

где  $B_{\delta}$  - масса всех закладных деталей, предусмотренных проектом;

$C_{\partial}$  - отпускная цена закладных деталей, принимаемая исходя из базовых цен, согласно ФСБЦМ-2022 (группы подбираются индивидуально).

Расчет себестоимости монтажных деталей для каждого типа соединения рассчитывается индивидуально, так, например, для упругоподатливого типа узлового соединения, расчет производится исходя из четырех монтажных фрагмента, в составе всего вертикального узлового соединения. Каждый монтажный фрагмент включает в себя две закладные детали (каждая по 8,38 руб. за штуку) и скрепляющую пластину (15,08 за штуку), фиксируемую сварным соединением друг с другом. Таким образом, итоговая себестоимость материалов для изготовления упругоподатливого типа узлового соединения, с учетом их анкерного закрепления в торцах стеновых панелей, будет составлять 702,73 руб.

Для петлевого типа узлового соединения расчет представлен исходя из восьми стыковых фрагментов в виде тросовых петель, исходя из того, что компания Reikko располагается за рубежом, а также из прямой зависимости от валютного курса, актуальную цену достаточно сложно установить, в связи с вышеизложенным, принимается цена на окончание 2021г. – начало 2022г. Расценку на тросовую петлю PVL-100 составляла 0,86 евро, что соответствует примерному значению в 70 рублей за штуку. Также защемление нахлеста петель осуществляется применением арматурного стержня диаметром 16 мм. Суммарная стоимость по итогам расчетов составляет 1286,17 руб.

Предлагаемая технология устройства вертикальных узловых соединений состоит из 1 монтажного фрагмента, включающего в себя одну двутавровую деталь и две швеллеровые с ответного торца. Суммарная себестоимость всех материалов, включая материалы, обеспечивающие анкерное закрепление монтажных деталей, составляет 500,77 руб.

$$T_{\partial} = \sum B_{\partial} * \frac{C_{\partial}}{1000} \quad (24)$$

где  $C_{\partial}$  - суммарные затраты труда на изготовление 1т закладных деталей, норма времени принимается согласно ГЭСН 06-03-004-11.

С учетом конструктивных особенностей, описанных при расчете себестоимости изготовления монтажных закладных деталей  $T_{\text{д}}$  упругоподатливого узла соединения составляет 2,31 чел/ч  $T_{\text{д}}$  петлевого узла соединения – 1,21 чел/ч  $T_{\text{д}}$  предлагаемого узла соединения – 1,37 чел/ч.

Себестоимость опалубки рассчитывается в соответствии с нормой, принимаемой в соответствии с ФСБЦМ-2022 группа 01.7.16.03-0021, для мелкощитовой опалубки норма составляет 9969,16 рублей. Соответственно, без учета поворотного стола, расходы на опалубочные материалы для упругоподатливого и предлагаемого узлов соединения составят 35888,98 руб., для петлевого узла, в связи с нетиповой формой торцов себестоимость составит 37563,79 руб.

Расчет трудоемкости установки опалубочных конструкций производится по тому же принципу, исходя из двух критериев, а именно объема бетонной смеси и нормы времени опалубливания, принимаемые в соответствии с ГЭСН 06-03-001-01, равной 88 чел/ч. По аналогии с подсчетом себестоимости трудоемкость установки опалубочных щитов в случае упругоподатливого и предлагаемого узлов соединения будут идентичны и равны 3,17 чел/ч, а в случае петлевого узла будет наблюдаться незначительное превышение и трудоемкость будет равна 3,32 чел/ч.

Металлоемкость узлов вычисляется как сумма всех металлических изделий и монтажных закладных деталей, применяемых при устройстве вертикальных узловых соединений. В связи с особенностями расчета себестоимости и общих затрат труда для изготовления строительных конструкций металлоемкость типовых узлов рассчитана в общих значениях, что позволяет вычислить удельная металлоемкость только при подсчете общих затрат материалов с учетом затрат на утеплитель, пар и т.д.

Для последующего анализа полученных данных составлена таблица 4.3.



Таблица 4.3. Затраты труда и материальных ресурсов на изготовление стеновых панелей с применением предлагаемого варианта соединения и известных вариантов конструктивно-технологических решений

№ п/п	Наименование расчетного параметра	Фактические значения видов вертикальных узловых соединений			Примечание (источник)
		Упругоподатливый узел	Петлевой узел	БВСС	
1.	Себестоимость бетонной смеси марки В25, руб.	2138	2128	2132	ФСБЦМ-2022 группа 04.1.02.01-0009
2.	Себестоимость арматуры, руб.	1550,56 значения идентичны			ФСБЦМ-2022 группа 08.4.03.03-0003
3.	Себестоимость монтажных деталей, руб.	702,73	1286,77	500,77	Для 1 и 3 вариантов стыков нормы из ФСБЦМ; для варианта 2 расценка индивидуальная*
3.1	Металлоемкость монтажных узлов**, кг	12,51	6,13	6,91	
4.	Себестоимость опалубки, руб.	35888,98	37563,79	35888,98	ФСБЦМ-2022 группа 01.7.16.03-0021
5.	Трудоемкость укладки бетонной смеси, чел/ч	26,38	26,25	26,31	ГЭСН06-08-001-01
6.	Трудоемкость укладки арматуры, чел/ч	13,17 значения идентичны			Рекомендации по определению себестоимости и трудоемкости.
7.	Трудоемкость установки стальных монтажных деталей, чел/ч	2,31	1,21	1,37	ГЭСН 06-03-004-11
8.	Трудоемкость формования железобетонных изделий, чел/ч	3,17	3,32	3,17	ГЭСН 06-03-001-01
<p>* Проведен анализ рыночных цен изделия, в виду его отсутствия в нормативной базе, а также отсутствия ценовых указаний в каталогах применяемых изделий.</p> <p>** Данный параметр в расчетах себестоимости и трудоемкости изготовления конструкции не применяется</p>					

Для анализа технологических параметров, в главе 2.2 описан принцип применения сравнительного коэффициента, применительно к предлагаемой

технологии сравнительный коэффициент может быть использован для общей оценки технологических показателей.

Определяя комплексный критерий технологичности изделия применяется метод оценки, выполненный на основе вычисления следующих показателей:

- абсолютного показателя

$$K = (k_1 \dots k_n) \quad (25)$$

- сравнительного показателя

$$K_y = K/k_6. \quad (26)$$

где  $k_1 \dots k_n$  - определение частных показателей технологичности;

$k_6$  – показатель технологичности аналога, принятого в качестве базового.

За основу взяты частные показатели, приведенные в таблице 4.3, так как анализ технологических параметров проводится по отношению к предлагаемой технологии, то в качестве базовых коэффициентов, находящихся в знаменателе, принимаются известные аналоги, таким образом, для анализа сравнительных частных значений технологических параметров сформирована таблица 4.4.

Таблица 4.4. Значения сравнительных коэффициентов себестоимости и трудоемкости технологических операций по изготовлению стеновых панелей с различными типами применяемых вертикальных узловых соединений

№ п/п	Наименование расчетного параметра	Фактические значения видов вертикальных узловых соединений	
		Базовый показатель: упругоподатливый узел	Базовый показатель: петлевой узел
1.	Сравнительный коэффициент себестоимости бетонной смеси марки В25	0,997	1,002
2.	То же себестоимости арматуры	1 (значения идентичны)	
3.	То же себестоимости монтажных деталей	0,713	0,389
3.1	То же металлоемкости монтажных узлов	0,552	1,127
4.	То же себестоимости опалубки	1	0,955
5.	То же трудоемкости укладки бетонной смеси	0,995	1,002
6.	То же трудоемкости укладки арматуры	1 (значения идентичны)	
7.	То же трудоемкости установки стальных монтажных деталей	0,593	1,132
8.	То же трудоемкости формования железобетонных изделий	1	0,955

Исходя из значений, отраженных в таблице 4.3 следует вывод: процессы бетонирования, армирования и опалубливания конструкций не имеют существенной разницы в сравнительных показателях. В свою очередь себестоимость, материалоемкость и трудоемкость имеют значительные различия. По отношению к упругоподатливому узловому соединению применение предлагаемой технологии позволит сократить на 29% себестоимость монтажных деталей, на 45% металлоемкость соединений и на 41% трудоемкость установки монтажных деталей. По отношению к петлевому стыку – на 61% сокращается себестоимость монтажных деталей, при повышении на 13% трудоемкости установки монтажных деталей.

#### **4.3 Разработка моделей предлагаемого конструктивно-технологического решения и моделей наиболее близких аналогов при помощи программных комплексов**

Данный раздел посвящен процессу компьютерного моделирования железобетонных ограждающих конструкций с использованием программного комплекса Solid Works и их последующего исследования. Разработаны модели стыков, с применением в качестве вертикальных узловых соединений исследуемой технологии БВСС, а также наиболее часто применяемых аналогов.

Для проведения программного анализа была разработана модель наиболее часто применяемого варианта сварного стыка (упругоподатливый стык), в соответствии с рисунком 4.6, в котором узловое соединение реализовано за счет закладных деталей в виде стальных пластин марки Ст 3 и привариваемой накладки, в соответствии с рисунком 4.7.

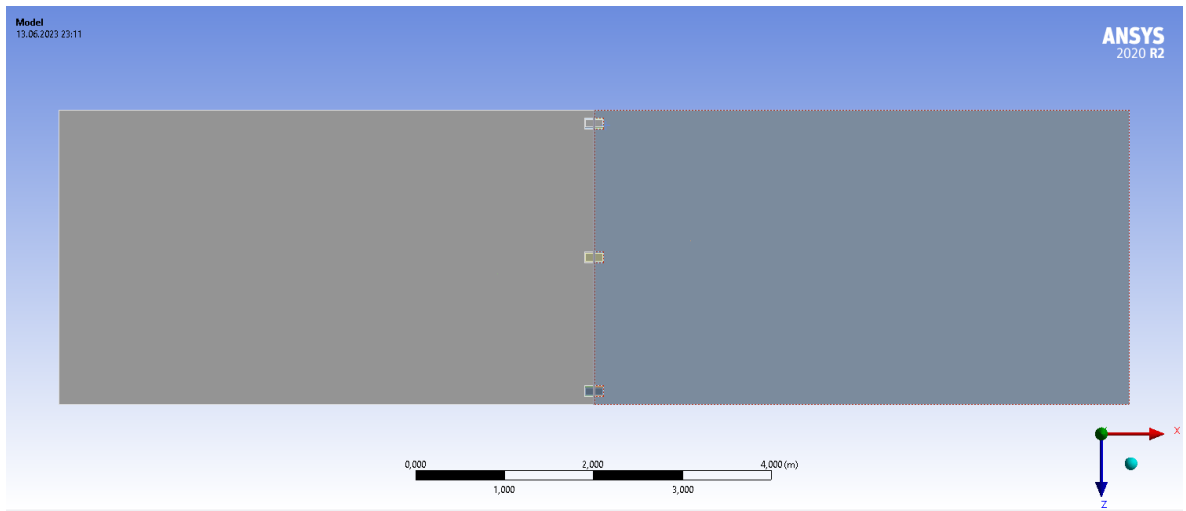


Рисунок 4.6 – Общий вид упругоподатливого стыка стеновых панелей.

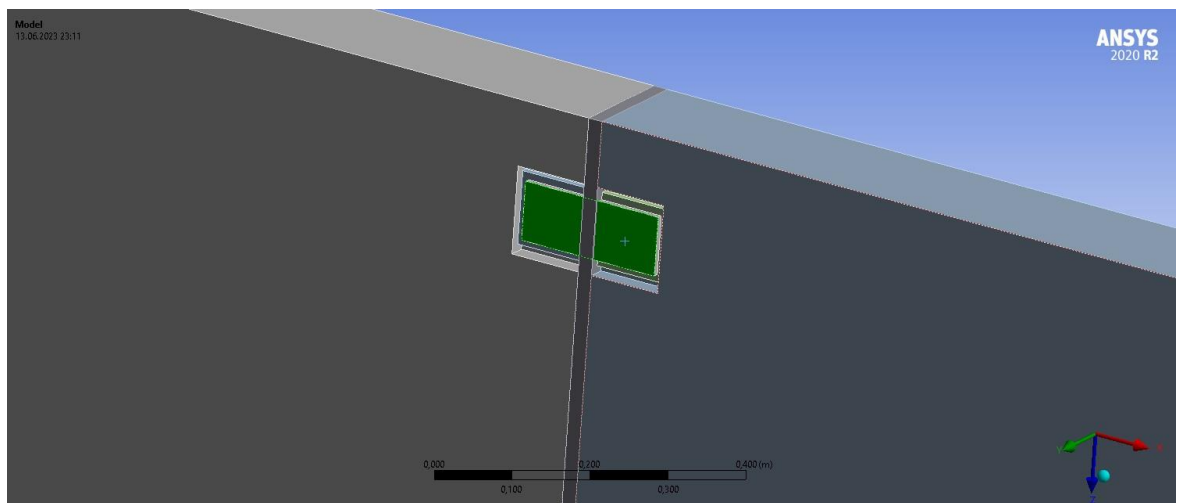


Рисунок 4.7 – Соединительная пластина.

Также в качестве бесшварного аналога был смоделирован петлевой стык, в соответствии с рисунком 4.8, в котором узловое соединение реализовано за счет тросовых петель из нержавеющей стали, наложенных друг на друга внахлест и закрепленных арматурным стержнем диаметра 16 мм.

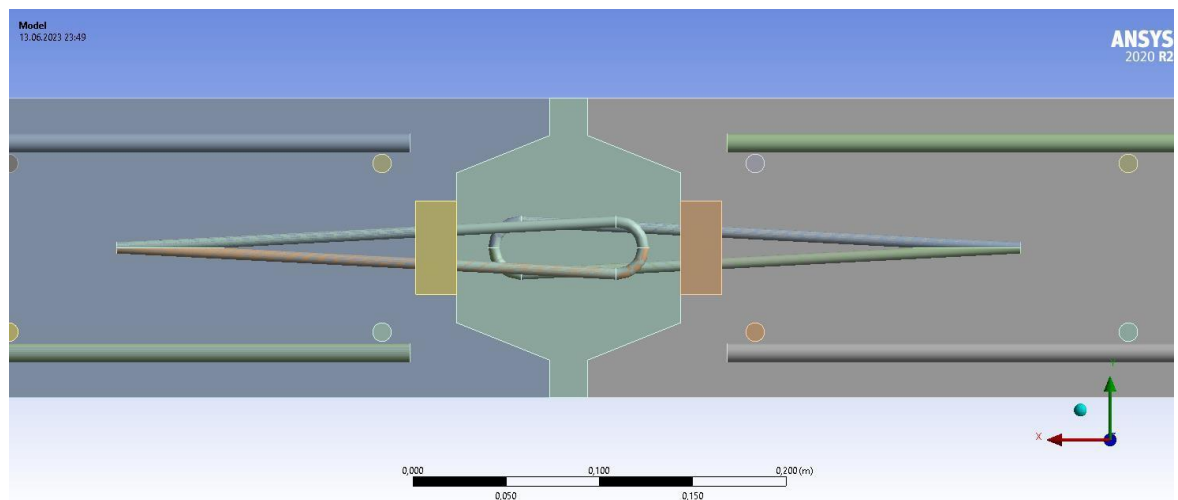


Рисунок 4.8 – Разрез бесшовного петлевого стыка стеновых панелей

Все представленные выше модели стыков панелей, включая исследуемую разработку, в соответствии с рисунком 4.9, стеновых позволяют использовать программный комплекс Ansys Workbench для проведения технологического исследования параметра долговечности разрабатываемого конструктивно-технологического решения узлового соединения ограждающих конструкций и последующего сравнения с наиболее часто применяемыми сварными и бессварными аналогами.

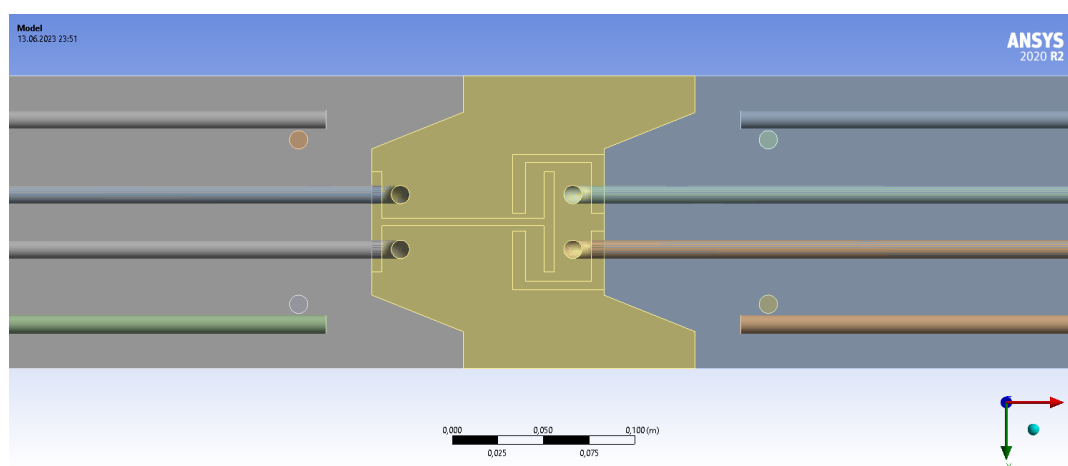


Рисунок 4.9 – Разрез стыка стеновых панелей с применением технологии БВСС

#### 4.4 Разработка комплекта оснастки

Применение разработанного автором комплекта оснастки в технологической последовательности монтажа стеновых панелей позволит сократить затраты труда на выверку и обеспечить ограниченно-свободный монтаж железобетонных ограждающих конструкций. Благодаря ограниченно-свободному методу монтажа повышается качество возводимых конструкций стен.

Комплект оснастки состоит из упоров на основании смонтированной плиты перекрытия предыдущего этажа для направления основания стеновой панели, схематично отраженных на плане, в соответствии с рисунком 4.10, упоров для ограничения продольного движения стеновой панели, в соответствии с рисунками 4.11, 4.12, упираясь в которые стеновая панель сдвигается к уже смонтированному элементу, что повышает точность установки, в соответствии с рисунком.

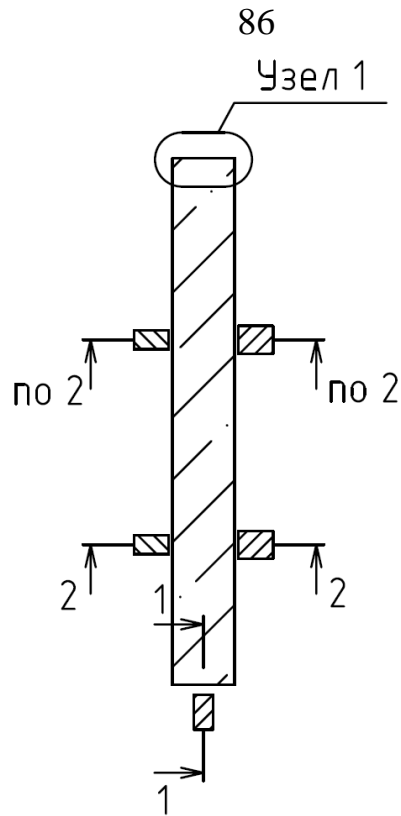


Рисунок 4.10 – Схематичный вид стеновой панели в плане.

Разрез 1-1 – ограничитель продольного смещения. Разрез 2-2 и узел 1 – ограничители поперечного смещения.

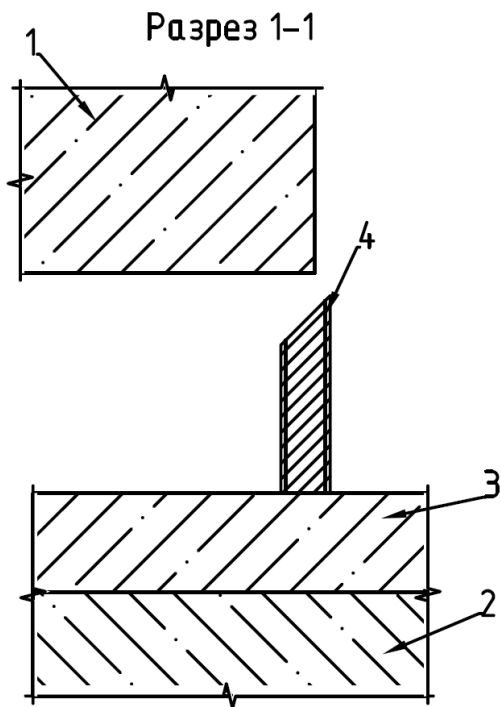


Рисунок 4.11 - Разрез 1-1:

- 1 – монтируемая стеновая панель;
- 2 – нижестоящая панель;
- 3 – плита перекрытия; 4 – ограничитель перемещения

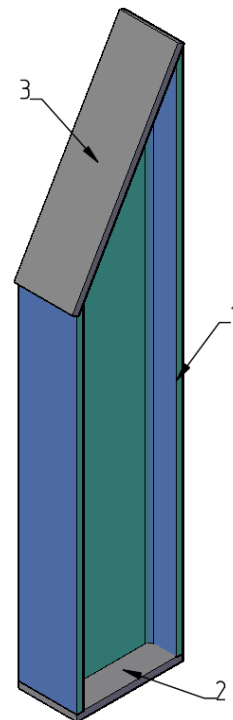


Рисунок 4.12 - Ограничитель продольного смещения стеновой панели:

- 1 – подрезанная двутавровая балка 10Б1;
- 2 – опорная пластина Ст3; 3 – контактная пластина Ст3

Принципы принудительного монтажа реализуются посредством применения системы ловителей, которая при естественном перемещении элемента ограждающей конструкции и контакте с инвентарными направляющими ограничивается в перемещении, благодаря чему, происходит повышение точности установки ограждающей конструкции, а также снижаются трудозатраты на монтаж, выверку и временное их закрепление.

Ограничитель перемещений состоит из трех основных деталей: двутавровой балки 10Б1, подрезанной с верхнего торца и двух стальных пластин из стали Ст3. Верхняя контактная пластина приваривается к двутавровой стойке упора, вдоль подрезанного торца и в процессе установки, стеновая панель сдвигается по ней под собственным весом и тем самым ограничивает смещение. Нижняя пластина (опорная) крепится к закладным деталям, предусмотренным в плите перекрытия в виде шпилек, обеспечивая плоскость опирания стеновой панели и ее проектное положение, в соответствии с рисунком 4.14.

Поперечные ловители представлены двумя основными типами, в соответствии с рисунками 4.13-4.15.

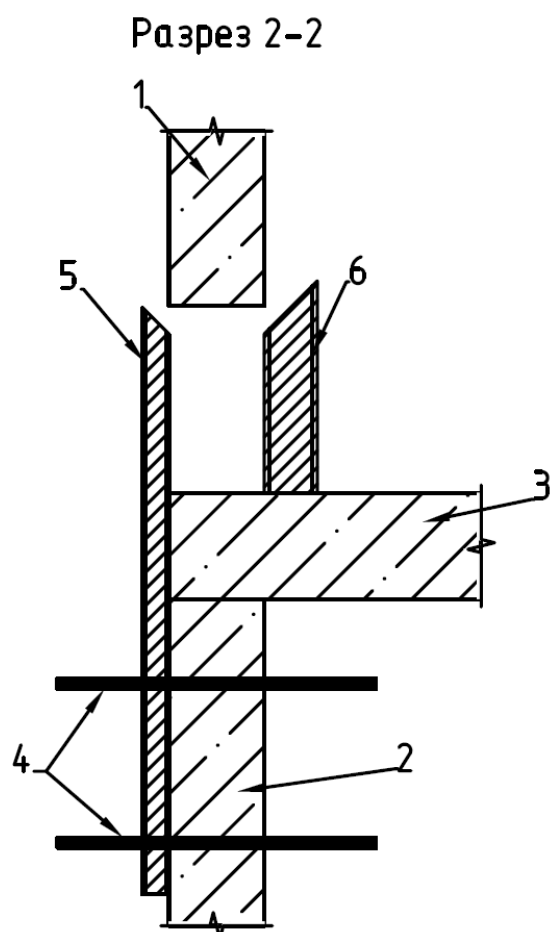


Рисунок 4.13 – Разрез 2-2:

- 1 – монтируемая стеновая панель;
- 2 – нижестоящая панель; 3 – плита перекрытия; 4 – фиксирующие шпильки;
- 5 – швеллеровый ограничитель;
- 6 – двутавровый ограничитель.

Первый тип ловителей, состоит из двух деталей, монтируемых вдоль лицевых плоскостей стеновой панели: со стороны рабочего горизонта устанавливается деталь аналогичная продольному ограничителю, с обратной стороны стеновой панели к стене сквозным креплением фиксируется швеллеровая деталь, с контактным торцом, подготовленным по образцу продольного ограничителя (стальная пластина, приваренная по площади контакта к месту реза), в соответствии с рисунками 4.13, 4.14.

Второй тип ловителей, представляет собой торцевой ограничитель, выполненный из стальной профильной трубы марки Ст3, сечением 100x100x10 мм. Применение данного вида ограничителя позволяет обеспечить фиксацию

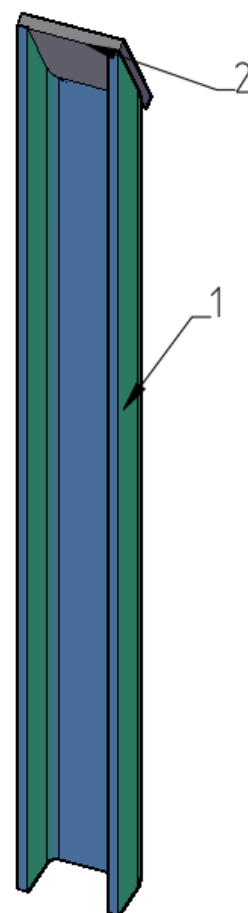


Рисунок 4.14 – Швеллеровый поперечный ограничитель.

- 1 – подрезанная швеллеровая балка 5П;
- 2 – контактная пластина Ст3.



положения стеновой панели в процессе установки в поперечной плоскости, в соответствии с рисунком 4.15.

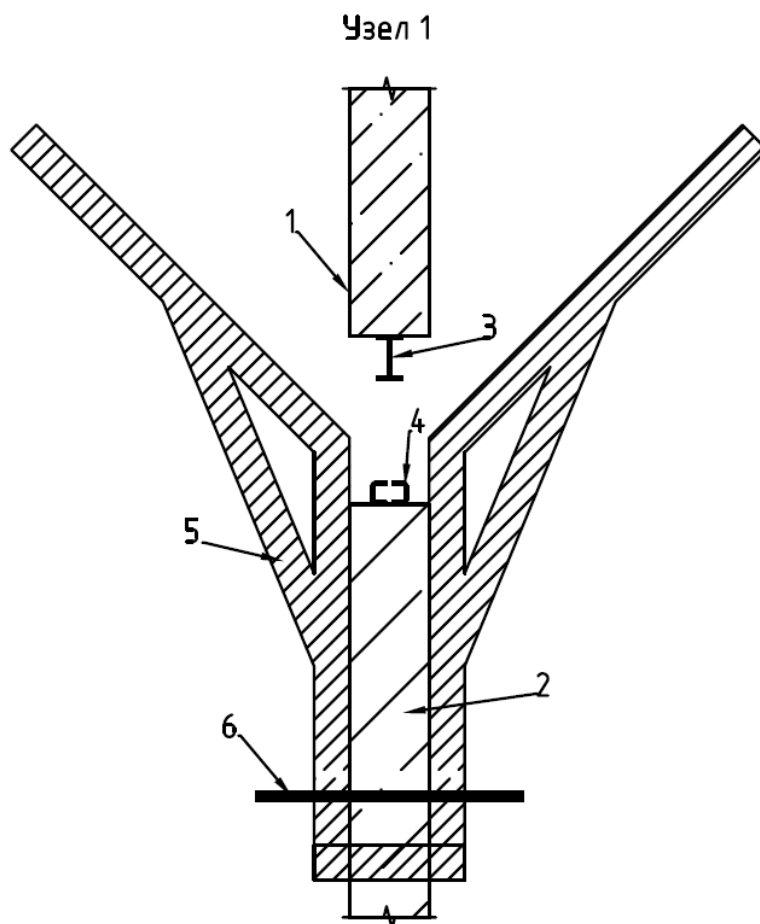


Рисунок 4.15 – Поперечный торцевой ловитель:

- 1 – монтируемая стеновая панель; 2 – смонтированная стеновая панель; 3 – двутавровая монтажная деталь; 4 – швеллеровая монтажная деталь; 5 – торцевой ловитель; 6 – фиксирующая шпилька.

Во избежание возникновения конструктивно-технологических дефектов, возможных при монтаже строительных конструкций технологический регламент, разработанный автором, позволит точно соблюдать требования, предъявляемые к монтируемым конструкциям.

В связи с особенностями устройства вертикальных узловых соединений выверка стеновых панелей после опускания ее на подготовленную растворную постель, устроенную на плите перекрытия не требуется.

Моделирование технологического процесса безвыверочного монтажа и прогнозирование затраты труда технологических параметров основных этапов последовательности монтажа стеновых панелей, а также устройства вертикальных

узловых соединений железобетонных ограждающих конструкций, сведено в таблицу 4.5.

Таблица 4.5. Результаты сравнения продолжительности выполнения технологических операций предлагаемой технологии устройства вертикальных узловых соединений стеновых панелей (БВСС) с существующими аналогами (упругоподатливый и петлевой узлы соединения)

№ п/п	Наименование расчетного параметра	Суммарная трудоемкость (с учетом состава звена)		
		Упругоподатливый узел (известный)	Петлевой узел (известный)	БВСС (предлагаемый)
1.	Строповка стеновой панели	1,5	1,5	1,5
2.	Подача стеновой панели к месту установки	1	1	1
3.	Подготовка места опускания стеновой панели	5	5	5
4.	Установка оснастки для принудительного монтажа	-	-	10
5.	Прием и установка стеновой панели	5	5	5
6.	Выверка стеновой панели в плане	5	5	-
7.	Временное крепление стеновой панели	6	6	-
8.	Расстроповка стеновой панели	1	1	1
9.	Выверка стеновой панели по вертикали	7	7	-
10.	Устройство вертикального межпанельного узла стеновых панелей	283,14	10	-
11.	Подготовка следующей стеновой панели к монтажу	12	20	6
12.	Снятие временного крепления с предыдущей стеновой панели	3	3	3
<b>Итого:</b>		<b>329,64</b>	<b>64,5</b>	<b>32,5</b>

#### 4.5 Внедрение результатов исследования в строительные организации

Разработка и последующее внедрение технологического регламента применения технологии быстромонтируемого вертикального скользящего соединения при изготовлении наружных стеновых панелей в организации ООО «Энсейв Констракшн» (приложение Б) и типовой технологической карты применения технологии быстромонтируемого вертикального скользящего соединения при монтаже наружных стеновых панелей в организации ООО «БФА-Строй» (приложение В).

При выборе конструктивно-технологических решений на стадии проектирования зданий и сооружений помимо надежности решающее значение

имеют также технологичность выбранных вариантов устройства вертикальных узловых соединений.

#### **Выводы по главе 4**

1. Критерии оценки регрессии модели имеют положительные значения, что свидетельствует о высоком уровне достоверности разработанных моделей;

2. Результаты регрессионного анализа позволяют прогнозировать параметры узлового соединения, а, следовательно, и характеристики межпанельных стыков;

3. Результаты расчетов параметров себестоимости и затрат труда на изготовление строительных конструкций с предлагаемым конструктивно-технологическим решением показывают существенное сокращение расхода материалов и затрат труда на некоторых этапах технологической последовательности;

4. Разработанные с помощью программных комплексов модели могут быть применены в дальнейшем анализе технологий монтажа конструкций.

5. Разработан комплект оснастки для обеспечения ограниченно-свободного монтажа стеновых панелей с применением предлагаемого конструктивно-технологического решения, а также технологическая карта на монтаж стеновых панелей и технологический регламент на изготовление стеновых панелей с применением технологии быстромонтируемого вертикального скользящего соединения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенного исследования сделаны следующие общие выводы:

1. На основании сравнительного структурно-функционального анализа известных методов вертикальных узловых соединений ограждающих конструкций панельных зданий (упругоподатливый и петлевой), определены наиболее характерные дефекты, возникающие в процессе монтажа;

2. Предложена, исследована и запатентована технология устройства быстромонтируемого вертикального скользящего соединения (БВСС) узловых соединений железобетонных стеновых панелей зданий, позволяющая упростить конструкцию панели (количество монтажных узлов снижается в 4 раза в сравнении с упругоподатливым узлом и в 8 раз – с петлевым), сокращая при этом затраты на монтажные детали и при этом не повышая существенно металлоемкость (ниже на 55% к упругоподатливому узлу, выше на 12% к петлевому) и снижая трудоемкость устройства вертикальных узлов соединения стеновых панелей;

3. Разработаны экспериментальные модели железобетонных ограждающих конструкций с использованием программного комплекса Solid Works для проведения исследований предлагаемого конструктивно-технологического решения узлового соединения ограждающих конструкций, с помощью основных параметров анализа, в виде коэффициента детерминации

4. (96-99%, при нормальных значениях не менее 95%) и средней ошибки аппроксимации (1,9-5,3%, при нормальных значениях не более 8%) проведена оценка качества разрабатываемых моделей;

5. Максимальная нагрузка при проведении экспериментальных исследований на выдергивание монтажных деталей из тела стеновых панелей при применении предлагаемой технологии устройства быстромонтируемого вертикального скользящего соединения составила 118 кН, при применении бессварного петлевого узла – 20 кН. Таким образом, применение предлагаемой технологии устройства узлового соединения позволит сократить количество

монтажных узлов внутри одного вертикального стыка стеновых панелей;

6. С помощью регрессионного анализа данных, полученных в процессе эксперимента, спрогнозированы показатели вертикальных узловых соединений, сформулированы соответствующие выводы об избыточности, на основе чего сокращено количество отдельных монтажных фрагментов внутри межпанельных стыков, что в 4 раза сокращает материалоемкость и, частности, металлоемкость узловых соединений;

7. Результаты производственного внедрения технологического регламента производства стеновых панелей, технологической карты на их установку и анализа технологических параметров предлагаемой технологии устройства вертикальных узловых соединений на этапах изготовления и монтажа стеновых панелей позволяют сделать следующие выводы: процессы изготовления конструкций в заводских условиях не имеют существенной разницы в сравнительных показателях, в свою очередь себестоимость, материалоемкость и трудоемкость имеют значительные различия. По отношению к упругоподатливому узловому соединению применение предлагаемой технологии позволит сократить на 29% себестоимость монтажных деталей, на 45% металлоемкость соединений и на 41% трудоемкость установки монтажных деталей. По отношению к петлевому стыку – на 61% сокращается себестоимость монтажных деталей, при повышении на 13% трудоемкости установки монтажных деталей;

8. Разработаны технологический регламент и технологические карты по реализации новой технологии устройства вертикальных узловых соединений стеновых панелей зданий и установке ограждающих конструкций с применением разработанного комплекта оснастки.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Karyakin, A. A. Experimental and Numerical Research on Tensile Performance of Inter-Panel Fastener Joints of Large-Panel Buildings (Экспериментальные и численные исследования прочности межпанельных крепежных соединений крупнопанельных зданий на растяжение) / A. A. Karyakin, I. S. Derbentsev, M. V. Tarasov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Chelyabinsk, 21–22 сентября 2017 года. Vol. 262. – Chelyabinsk: Institute of Physics Publishing, 2017. – P. 012046. – DOI 10.1088/1757-899X/262/1/012046. – EDN UXMINE;
2. Korol, E. A. Bond strength between concrete layers of three-layer concrete structures / E. A. Korol, V. D. Tho // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : International Conference on Civil, Architectural and Environmental Sciences and Technologies, CAEST 2019, Samara, 19 ноября 2019 года. Vol. 775. – Samara: Institute of Physics Publishing, 2020. – P. 012115. – DOI 10.1088/1757-899X/775/1/012115. – EDN VYOYLN;
3. Lai Hoke Sai, Wong Wai Yin. Design for Manufacturing and Assembly (DfMA) Connections for advanced precast concrete system;
4. Monitoring of the framings stress-strain with strain gauges (Контроль напряженно-деформированных конструкций с помощью тензометрических датчиков) / A. Yurgaytis, D. Topchiy, A. Shinkarenko, J. Saidova // E3S Web of Conferences : Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACSEE 2019, Moscow, 20–22 ноября 2019 года. Vol. 164. – Moscow: EDP Sciences, 2020. – P. 02023. – DOI 10.1051/e3sconf/202016402023. – EDN IKPISH;
5. Precast Concrete Market in the U.S. 2023 To 2032. [Электронный ресурс]; URL: <https://www.precedenceresearch.com/precast-concrete-market>;
6. Serbin, S. A. The analysis of technological parameters of precast-monolithic system with permanent formwork walls (Анализ технологических параметров сборно-монолитной системы с несъемными опалубочными стенами) / S. A. Serbin, P. O.

Dedyukhin, N. I. Fomin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Ekaterinburg, 04–05 октября 2018 года. Vol. 481. – Ekaterinburg: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012051. – DOI 10.1088/1757-899X/481/1/012051. – EDN NFORIS;

7. Автоматизация теплофизических исследований образцов наружных стеновых ограждений / С. В. Федосов, П. Н. Муреев, В. Г. Котлов [и др.] // Международный журнал по расчету гражданских и строительных конструкций. – 2018. – Т. 14, № 2. – С. 65-77. – DOI 10.22337/2587-9618-2018-14-2-65-77. – EDN XWXBXN;

8. Анализ работы вертикального стыка монолитного шпоночного соединения двух железобетонных панелей с использованием гибкой стержневой арматуры / А. К. Модин, М. С. Сергеев, М. О. Лисятникова, А. А. Суханов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2019. – № 2. – С. 33-38. – DOI 10.12737/article\_5c73fbfe576a47.59051268. – EDN YXMXNB;

9. Бадьин, Г. М. Анализ дефектов монтажа и эксплуатации быстровозводимых конструкций / Г. М. Бадьин, С. А. Сычев // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-1. – С. 219. – EDN UHWZWX;

10. Белозеров П.Г. Совершенствование технологии строительства жилого панельного здания: дис. ... маг. Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, 2017.

11. Белозеров П.Г., Юдина А.Ф. / Виды узловых соединений в современном панельном строительстве, их преимущества и недостатки / Научно-технический рецензируемый журнал “Вестник гражданских инженеров, Санкт-Петербург, 2020.

12. Белозеров П.Г., Юдина А.Ф. / Инновации в панельном строительстве / Сборник статей. Тезисы докладов 71-ой международной научной конференции по проблемам архитектуры и строительства – Казань: КГАСУ, 2019. – С.72-73;

13. Белозеров, П. Г. Планирование эксперимента узловых соединений элементов железобетонных конструкций с применением технологии быстромонтируемого вертикального скользящего соединения / П. Г. Белозеров //

Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". – 2023. – № 6. – С. 1-6. – EDN AEQRML;

14. Белозеров, П. Г. Тросовые петли в качестве межпанельного стыка / П. Г. Белозеров, А. Ф. Юдина // Архитектура - строительство - транспорт: Материалы 74-й научной конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов университета, в 2-х частях, Санкт-Петербург, 03–05 октября 2018 года. Том Часть I. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2018. – С. 75-77. – EDN KGWJBP;

15. Белозеров, П. Г. Экспериментальное исследование вертикального узлового соединения железобетонных ограждающих конструкций. / П. Г. Белозеров // Инновации и Инвестиции. – 2024. – № 5. – С. 560-563;

16. Бочкарев П. Ю. Бокова Л. Г. Оценка количественных показателей производственной технологичности деталей. М.: М-во образования и науки Российской Федерации, Саратовский гос. технический ун-т. - Саратов: Саратовский гос. технический ун-т, 2015. - 110, с.;

17. Верстов, В. В. Особенности проектирования и строительства зданий и сооружений в Санкт-Петербурге / В. В. Верстов, Г. М. Бадьин // Вестник гражданских инженеров. – 2010. – № 1(22). – С. 96-104. – EDN LVYJPK;

18. Выбираем новостройку: кирпич, панель или монолит? [Электронный ресурс]; URL: <https://metrika.com/journal/novosti/vybiraem-novostroiku-kirpic-panel-ili-monolit>;

19. Гайдо, А. Н. Методология выбора эффективных способов производства специальных работ в грунтах по критерию технологичности: специальность 05.23.08 "Технология и организация строительства": диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Гайдо Антон Николаевич, 2021. – 338 с. – EDN JMWXGN;

20. Ганичев И.А. Строительство в США. Москва: Стройиздат, 1979. 333с.;

21. ГОСТ 12504-2015. Панели стеновые внутренние бетонные и железобетонные для жилых и общественных зданий. Общие технические условия (Переиздание). – Введ. 2016-04-01. – М.: Стандартинформ, 2019. – 16с.;



22. Гуненко, Н. А. Сцепление бетона при замоноличивании стыков сборных железобетонных конструкций, при отрицательных температурах, электроразогревом бетонной смеси / Н. А. Гуненко, В. В. Молодин // Эффективные конструкции, материалы и методы производства строительных работ в условиях Западной Сибири: Тезисы докладов областной научно-технической конференции, Новосибирск, 01–30 апреля 1982 года / Новосибирский инженерно-строительный институт имени В. В. Куйбышева. – Новосибирск: Новосибирский инженерно-строительный институт имени В. В. Куйбышева, 1982. – С. 87-88. – EDN YGVEUJ;

23. Данель, В. В. Решение проблемы вертикальных стыков наружных стеновых панелей / В. В. Данель // Жилищное строительство. – 2014. – № 3. – С. 44-45. – EDN RXOKKZ;

24. Данель, В. В. Совершенствование петлевых стыков стеновых панелей / В. В. Данель // Жилищное строительство. – 2014. – № 1-2. – С. 11-15. – EDN RWNQOR;

25. Данель, В. В. Способ повышения несущей способности наружных трехслойных стеновых панелей / В. В. Данель // Жилищное строительство. – 2013. – № 12. – С. 2-5. – EDN RSEBQN;

26. Данель, В. В. Стык наружных стеновых панелей с монолитным железобетонным поясом / В. В. Данель // Жилищное строительство. – 2013. – № 7. – С. 12-13. – EDN QYUBGH;

27. Данель, В. В. Трехслойные наружные стеновые панели с повышенной несущей способностью / В. В. Данель // Жилищное строительство. – 2014. – № 7. – С. 48-52. – EDN SHOSAH;

28. Демичев Я.С. Технология «сухого» монтажа железобетонных полносборных зданий: дис. ... маг. Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, 2020;

29. Дербенцев, И. С. Метод определения усилия распора при сдвиге монолитных шпоночных межпанельных вертикальных стыков / И. С. Дербенцев, А. А. Карякин // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 1. – С. 257. – EDN SBKVZJ;

30. Дербенцев, И. С. Методы определения несущей способности монолитных шпоночных соединений сборных элементов / И. С. Дербенцев // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2012. – № 38(297). – С. 63-65. – EDN PILZLJ;

31. Дербенцев, И. С. Натурные испытания вертикальных шпоночных стыков железобетонных стеновых панелей с петлевыми гибкими связями на сдвиг / И. С. Дербенцев, М. В. Тарасов, А. А. Карякин // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2021. – Т. 21, № 3. – С. 13-22. – DOI 10.14529/build210302. – EDN FQWZWJ;

32. Дербенцев, И. С. Несущая способность и деформативность шпоночных соединений с петлевыми гибкими связями в стыках крупнопанельных многоэтажных зданий: специальность 05.23.01 "Строительные конструкции, здания и сооружения": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Дербенцев Илья Сергеевич, 2014. – 159 с. – EDN AROQXC;

33. Дербенцев, И. С. Экспериментально-теоретические исследования монолитных шпоночных стыков с гибкими петлевыми связями крупнопанельных многоэтажных зданий / И. С. Дербенцев, А. А. Карякин, П. В. Попп // Бетон и железобетон - взгляд в будущее: научные труды III Всероссийской (II Международной) конференции по бетону и железобетону: В семи томах, Москва, 12–16 мая 2014 года. Том 2. – Москва: Московский государственный строительный университет, 2014. – С. 245-256. – EDN UBXDQB;

34. Дехтерев Д.С. Оценка надежности стыков сборных железобетонных конструкций многоэтажных каркасных и панельных зданий: дис. ... канд. техн. наук. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, 2019;

35. Зайцев Ю.В. Строительные конструкции заводского изготовления / Ю.В. Зайцев – г. Москва: Высшая школа, 1987 – 352 с.;

36. Инновации в технологии и организации строительства / М. В. Воловик, М. Н. Ершов, А. В. Ишин [и др.] // Технология и организация строительного производства. – 2013. – № 4. – С. 8-16. – EDN RYHSKN;

37. Исследование усилий в вертикальных шпоночных стыках крупнопанельного здания в процессе возведения / И. С. Дербенцев, А. А. Карякин, М. В. Тарасов, П. В. Попп // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2020. – Т. 20, № 1. – С. 24-33. – DOI 10.14529/build200103. – EDN VIJCDP;

38. К вероятностной оценке надежности железобетонных многопустотных панелей перекрытий / А. Г. Тамразян, А. И. Долганов, Д. И. Калеев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2017. – № 4(370). – С. 267-271. – EDN YLHYRM;

39. Карякин, А. А. Результаты испытаний фрагментов вертикальных шпоночных стыков крупнопанельных зданий на сдвиг / А. А. Карякин, И. С. Дербенцев, П. В. Попп // НАУКА ЮУрГУ: Материалы 63-й научной конференции, Челябинск, 10–13 апреля 2011 года / Министерство образования и науки Российской Федерации, Южно-Уральский государственный университет. Том 1. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – С. 122-126. – EDN RAAWHD;

40. Карякин, А. А. Сборные железобетонные конструкции одноэтажного производственного здания: учеб. пособие для самостоят. работы студентов с применением ЭВМ / А. А. Карякин, Ю. В. Максимов, А. В. Ростунова ; Карякин А. А., Максимов Ю. В., Ростунова А. В. ; М-во образования Рос. Федерации; Юж.-Ур. гос. ун-т, Каф. "Строит. конструкции и инженер. сооружения". – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2003. – 29 с. – ISBN 5-696-02354-1. – EDN QNKMCB;

41. Колмакова, Ю. Д. Новые конструктивно-технологические решения для повышения технологической живучести сборно-монолитных систем гражданских зданий / Ю. Д. Колмакова, Н. И. Фомин // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2023. – № 2(57). – С. 88-93. – DOI 10.25628/UNIP.2023.57.2.015. – EDN MRFGYG;

42. Колмакова, Ю. Д. Оценка технологической живучести сборно-монолитных систем гражданских зданий / Ю. Д. Колмакова, Н. И. Фомин // Components of Scientific and Technological Progress. – 2023. – № 12(90). – С. 71-82. – EDN TNPBJX;

43. Комаровский А.Н. Панельное и крупноблочное строительство промышленных и энергетических объектов / Москва: «Энергия», 1970. – 360с.;
44. Коновалов В.И. Проектирование реконструкции заводов КЖД и ЖБИ с учетом современных тенденций // Жилищное строительство. 2011. №3. С. 42-44;
45. Конструктивно-технологические решения сборно-монолитных систем в странах Восточной Азии / Ю. Д. Лысова, Н. И. Фомин, Ш. Сяо, В. Сюй // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 10(94). – С. 283-300. – EDN OSNSXY;
46. Король, Е. А. Исследование напряженно-деформированного состояния трехслойных железобетонных элементов и конструкций монолитного сечения методом компьютерного моделирования / Е. А. Король, Ю. А. Харькин // Вестник МГСУ. – 2010. – № 4-1. – С. 117-120. – EDN NEJDOL;
47. Король, Е. А. Особенности расчета стеновых панелей с монолитной связью слоев на стадиях монтажа, транспортирования и эксплуатации / Е. А. Король, М. Н. Берлинова // Вестник МГСУ. – 2019. – Т. 14, № 3(126). – С. 367-375. – DOI 10.22227/1997-0935.2019.3.367-375. – EDN ZBKBTf;
48. Король, Е. А. Трехслойные железобетонные ограждающие конструкции с монолитной связью слоев и методы их расчета: специальность 05.23.01 "Строительные конструкции, здания и сооружения": диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Король Елена Анатольевна. – Москва, 2001. – 395 с. – EDN QDMWVP;
49. Король, Е. А. Трехслойные ограждающие железобетонные конструкции из легких бетонов и особенности их расчета / Е. А. Король. – Москва: Издательство АСВ, 2001. – 256 с. – ISBN 5-93093-094-5. – EDN TSSGZD;
50. Коршаков, А. В. Расчет реконструируемого пятиэтажного панельного жилого дома типовой серии 1-464 в ПК Мономах-САПР / А. В. Коршаков, М. С. Сергеев, М. В. Лукин // Актуальные вопросы развития строительной отрасли, экологической и промышленной безопасности: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Вологда, 17 ноября 2022 года. – Вологда: Вологодский государственный университет, 2023. – С. 126-131. – EDN UYBOAQ;

51. Лapidус, А. А. Комплексный показатель качества организационно-технологических решений при возведении конструктивных элементов железобетонных зданий / А. А. Лapidус, В. А. Мурия // Строительное производство. – 2020. – № 2. – С. 3-9. – DOI 10.54950/26585340\_2020\_2\_3. – EDN QMABHQ;

52. Лapidус, А. А. Проблемы внедрения инновационных решений в технологии и организации строительства / А. А. Лapidус // Технология и организация строительного производства. – 2013. – № 4. – С. 1. – EDN RYHSJT;

53. Лишак В.И. Прочность и жесткость стыковых соединений панельных конструкций / В.И. Лишак (ред), Е. Горачек, Д. Пуме, И.И. Драгилов, В.А. Камейко, Н.В. Морозов, В.Г. Цимблер – г. Москва, 1980 – 192с.

54. Лысова, Ю. Д. Методика оценки уровня компетентности эксперта в области сборно-монолитного домостроения / Ю. Д. Лысова, Л. И. Миронова, Н. И. Фомин // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2023. – Т. 13, № 1(44). – С. 48-57. – DOI 10.21285/2227-2917-2023-1-48-57. – EDN DFETBZ;

55. Лысова, Ю. Д. Сравнительный анализ конструктивно-технологических параметров зарубежных сборно-монолитных систем гражданских зданий. Часть I / Ю. Д. Лысова, Н. И. Фомин, А. Х. Байбурин // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2022. – Т. 22, № 2. – С. 61-67. – DOI 10.14529/build220208. – EDN QQRJYO;

56. Лысова, Ю. Д. Сравнительный анализ конструктивно-технологических параметров зарубежных сборно-монолитных систем гражданских зданий. Часть II / Ю. Д. Лысова, Н. И. Фомин, А. Х. Байбурин // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2022. – Т. 22, № 3. – С. 53-60. – DOI 10.14529/build220306. – EDN CBFGSU;

57. Макаев Н.В. Технологии возведения ограждающих конструкций из навесных панелей: дис. ... маг. Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, 2018.

58. Макаев, Н. В. Разработка организационно-технологических решений новых методов крепления стеновых панелей / Н. В. Макаев // Молодой ученый. – 2018. – № 3(189). – С. 36-41. – EDN YMWANK;

59. МДС 12-41.2008. Монтажная оснастка для временного закрепления сборных элементов возводимых и разбираемых зданий. – Введ. 2008-01-01 – М.: ОАО "ЦПП", 2008. – 16с.;

60. Меркулов, А. А. Расчетные модели многоэтажных каркасных зданий из сборных железобетонных конструкций с учетом податливости соединений (узлов сопряжения) / А. А. Меркулов, А. А. Карякин // Строительная механика и расчет сооружений. – 2008. – № 2(217). – С. 44-49. – EDN EZPLHZ;

61. Миронова, Ю. В. Напряженно-деформированное состояние сборного железобетонного каркаса при прогрессирующем обрушении / Ю. В. Миронова, В. В. Денисов // Строительные конструкции, здания и сооружения. – 2022. – № 1(1). – С. 4-12. – EDN BLYYSL;

62. Миронова, Ю. В. Повышение сопротивляемости несущей системы бескаркасного здания с бессварными вертикальными стыками прогрессирующему разрушению / Ю. В. Миронова, Н. С. Абдрахимова, А. Р. Халиуллин // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2016. – № 4(38). – С. 229-235. – EDN ХАКОЕН;

63. Молодин, В. В. Замоноличивание стыков сборных железобетонных конструкций в зимних условиях с термообработкой смеси в процессе укладки: специальность 05.23.08 "Технология и организация строительства": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Молодин Владимир Викторович. – Новосибирск, 1984. – 253 с. – EDN NPNUQH;

64. Молодин, В. В. Зимнее бетонирование стыков железобетонных конструкций / В. В. Молодин, Ю. В. Лунев // Тезисы докладов 63-й научно-технической конференции, Новосибирск, 01–28 февраля 2006 года / Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин). – Новосибирск: Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), 2006. – С. 134. – EDN YBEKQP;

65. Молодин, В. В. Зимнее бетонирование стыков сборных железобетонных конструкций / В. В. Молодин, Ю. В. Лунев // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2006. – № 11-12(575-576). – С. 44-52. – EDN HVUDAD;

66. Молодин, В. В. Энергосберегающая технология зимнего бетонирования фундаментных плит и стыков сборных конструкций / В. В. Молодин, Ю. В. Лунев // Тезисы докладов 64-й научно-технической конференции, Новосибирск, 01–30 апреля 2007 года / Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин); Ответственный за выпуск Н. А. Машкин. – Новосибирск: Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), 2007. – С. 123-124. – EDN UOETEI;

67. Николаев, С. В. Инновационность системы панельно-каркасного домостроения / С. В. Николаев, А. К. Шрейбер, Ю. Г. Хаютин // Жилищное строительство. – 2014. – № 5. – С. 3-8. – EDN SFMQPD;

68. Николаев, С. В. Панельно-каркасное домостроение - новый этап развития КПД / С. В. Николаев, А. К. Шрейбер, В. П. Этенко // Жилищное строительство. – 2015. – № 2. – С. 3-7. – EDN TIZKTN;

69. Оценка характеристик температурного поля при тепловой обработке массивных железобетонных изделий с помощью поверхностного электропрогрева / С. В. Федосов, А. М. Соколов, Ю. А. Минаков [и др.] // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. – 2019. – № 3. – С. 111-116. – EDN LYZDAD;

70. Патент № 2170663 С1 Российская Федерация, МПК В28В 1/087. Способ изготовления трехслойных строительных изделий: № 2000121644/03: заявл. 18.08.2000: опубл. 20.07.2001 / Е. А. Король. – EDN JXAKXB;

71. Патент № 2307902 С1 Российская Федерация, МПК Е04С 1/40, В28В 1/00. Способ изготовления многослойной строительной панели: № 2005139166/03: заявл. 15.12.2005: опубл. 10.10.2007 / Е. А. Король, А. Е. Николаев; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский государственный строительный университет. – EDN JZAYJC;

72. Патент № 2357049 С1 Российская Федерация, МПК Е04В 1/20. Железобетонный каркас здания со сборно-монолитным скрытым ригелем: №2007145275/03: заявл. 05.12.2007: опубл. 27.05.2009 / Ю. А. Минаков, Б. С.

Соколов, А. И. Лазарев, А. Н. Титов; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Марийский государственный технический университет. – EDN ZHJNVB;

73. Патент № 2440892 С1 Российская Федерация, МПК В28В 1/087. Способ изготовления элементов многослойных ограждающих конструкций: № 2010134538/03: заявл. 18.08.2010: опубл. 27.01.2012 / Е. А. Король, Е. М. Пугач, Ю. А. Харькин [и др.]; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский государственный строительный университет (ГОУ ВПО МГСУ). – EDN ZGGCEX;

74. Патент № 2478156 С1 Российская Федерация, МПК Е04В 1/38. стыковое соединение трехслойных стеновых панелей: № 2011139474/03: заявл. 28.09.2011: опубл. 27.03.2013 / В. В. Данель; заявитель Открытое акционерное общество "Научно-исследовательский центр "Строительство" (ОАО "НИЦ "Строительство"). – EDN ZGQNAL;

75. Патент № 2546177 С1 Российская Федерация, МПК Е04В 1/61. Петлевой бессварной стык стеновых панелей: № 2013144829/03: заявл. 07.10.2013: опубл. 10.04.2015 / В. В. Данель. – EDN ZFGDWP;

76. Патент № 2655489 С1 Российская Федерация, МПК Е04С 2/292, В28В 1/08. Трехслойная стеновая панель и способ ее изготовления: № 2017108869: заявл. 16.03.2017: опубл. 28.05.2018 / В. В. Молодин, В. А. Беккер, Л. В. Ильина, В. В. Уткин; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин). – EDN ZEGKYH;

77. Патент № 2679917 С1 Российская Федерация, МПК Е04С 5/16. Съёмная монтажная петля с закладной деталью для монтажа фасадных панелей: № 2017144030: заявл. 15.12.2017: опубл. 14.02.2019 / Д. В. Топчий, А. А. Жунин. – EDN YXGNYV;

78. Патент № 2733873 С1 Российская Федерация, МПК Е04G 21/14, Е04G 21/18. Способ монтажа блока панелей перекрытия в системе куб и монтажное устройство для его осуществления: № 2019120681: заявл. 03.07.2019: опубл.



07.10.2020 / Ю. Д. Лысова, Н. И. Фомин, А. В. Воробьев; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина". – EDN RHJJJC;

79. Патент № 2802768 С1 Российская Федерация, МПК E04B 1/61, E04B 2/72. стыковое соединение стеновых панелей в сборных зданиях: № 2022133868: заявл. 22.12.2022: опубл. 01.09.2023 / Н. И. Фомин, Ш. Сяо; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина". – EDN ROLTFS;

80. Патент на полезную модель № 100785 U1 Российская Федерация, МПК E04B 2/00. Трехслойная стеновая панель: № 2010124241/03: заявл. 16.06.2010: опубл. 27.12.2010 / В. В. Данель, А. Р. Соколов, И. С. Муратова; заявитель Открытое акционерное общество "Научно-исследовательский центр "Строительство", ОАО "НИЦ "Строительство", Открытое акционерное общество "Челябинский завод ЖБИ-1". – EDN QVLANH;

81. Патент на полезную модель № 100790 U1 Российская Федерация, МПК E04C 2/26. трехслойная стеновая панель: № 2010126581/03: заявл. 30.06.2010: опубл. 27.12.2010 / В. В. Данель, А. Р. Соколов, И. С. Муратова; заявитель Открытое акционерное общество "Научно-исследовательский центр "Строительство", ОАО "НИЦ "Строительство", Открытое акционерное общество "Челябинский завод ЖБИ-1". – EDN IWNPRN;

82. Патент на полезную модель № 104579 U1 Российская Федерация, МПК E04C 2/00. стыковое соединение трехслойных стеновых панелей: № 2010149445/03: заявл. 03.12.2010: опубл. 20.05.2011 / В. В. Данель; заявитель Открытое акционерное общество "Научно-исследовательский центр "Строительство" (ОАО "НИЦ "Строительство"). – EDN UYVMBP;

83. Патент на полезную модель № 110393 U1 Российская Федерация, МПК E04B 1/38. Стыковое вертикальное соединение наружных и внутренней стеновых панелей: № 2011126592/03: заявл. 29.06.2011: опубл. 20.11.2011 / В. В. Данель;

заявитель Открытое акционерное общество "Научно-исследовательский центр "Строительство", ОАО "НИЦ "Строительство". – EDN HCCJRR;

84. Патент на полезную модель № 121281 U1 Российская Федерация, МПК E04B 1/38. Стыковое соединение сборных железобетонных элементов зданий и сооружений: № 2012121834/03: заявл. 25.05.2012: опубл. 20.10.2012 / Р. М. Ахмедьянов, И. А. Бельдейко, И. С. Дербенцев [и др.]; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Бетотек". – EDN ADMXDL;

85. Патент на полезную модель № 15900 U1 Российская Федерация, МПК E04B 1/20. Многоэтажное крупнопанельное здание: № 99119658/20: заявл. 13.09.1999: опубл. 20.11.2000 / Б. С. Соколов, Л. Ф. Сиразиев, М. В. Фурман, Б. И. Тихомиров; заявитель Казанская государственная архитектурно-строительная академия. – EDN LGOYFR;

86. Патент на полезную модель № 174708 U1 Российская Федерация, МПК E04C 2/26. Трехслойная стеновая панель: № 2017117778: заявл. 22.05.2017: опубл. 30.10.2017 / С. А. Сычев, А. О. Хегай, А. А. Ситова; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет". – EDN KOISAW;

87. Патент на полезную модель № 207054 U1 Российская Федерация, МПК G01N 33/38. Стенд для испытания сборных железобетонных элементов: № 2021104960: заявл. 26.02.2021: опубл. 08.10.2021 / Д. В. Топчий, А. А. Лapidус, А. Ю. Юргайтис. – EDN LTWWEM;

88. Патент на полезную модель № 207054 U1 Российская Федерация, МПК G01N 33/38. Стенд для испытания сборных железобетонных элементов: № 2021104960: заявл. 26.02.2021: опубл. 08.10.2021 / Д. В. Топчий, А. А. Лapidус, А. Ю. Юргайтис. – EDN LTWWEM;

89. Патент на полезную модель № 210700 U1 Российская Федерация, МПК G01M 5/00. Испытательный стенд для строительных конструкций: № 2021112986: заявл. 05.05.2021: опубл. 27.04.2022 / С. И. Рощина, М. В. Лукин, М. С. Сергеев [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования "Владимирский Государственный Университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых". – EDN СВІРUD;

90. Патент на полезную модель № 33595 U1 Российская Федерация, МПК E04G 3/00. Реконструированное каркасно-панельное здание: №2003122600/20: заявл. 23.07.2003: опубл. 27.10.2003 / Б. С. Соколов, Г. П. Никитин; заявитель Казанская государственная архитектурно-строительная академия. – EDN ZYFZWT;

91. Патент на полезную модель № 97405 U1 Российская Федерация, МПК E04B 1/02. Сборно-монолитный железобетонный каркас здания: №2010101761/03: заявл. 20.01.2010: опубл. 10.09.2010 / Б. С. Соколов, И. А. Лазарев, А. И. Лазарев [и др.]; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Центр Многофункционального Каркасного Строительства". – EDN CQBVPГ;

92. Петлевой бессварной стык стеновых панелей: пат. 2546177 Рос. Федерация: МПК E04B 1/61.

93. Постановление Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2017 года N 1710. Государственная программа Российской Федерации "Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан Российской Федерации";

94. Распоряжение Правительства РФ от 10.05.2016 N 868-р «О Стратегии развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года»;

95. Ратомская, В. С. Модернизация конструктивных систем каркасных малоэтажных многоквартирных жилых домов / В. С. Ратомская, Д. В. Топчий, А. А. Лапидус // Инновации и инвестиции. – 2019. – № 7. – С. 238-242. – EDN PKQQJC;

96. Розанов Н.П. Крупнопанельное домостроение / Н.П. Розанов – Москва: Стройиздат, 1982 – 224 с.;

97. Руководство по определению расчетной стоимости и трудоемкости изготовления сборных железобетонных конструкций на стадии проектирования. / Москва Стройиздат, 1977. – 77с.;

98. Сборно-монолитная каркасная система межвидового применения «МКС» / С. В. Макаркин, А. А. Шубин, Н. И. Фомин, С. П. Копша // Русский журнал строительных наук и технологий. – 2022. – Т. 8, № 2. – С. 23-31. – DOI 10.15826/rjst.2022.2.003. – EDN GDDHCV;

99. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023610088 Российская Федерация. Программа оценки компетентности эксперта в области сборно-монолитного домостроения, версия 1.0 (коэкс, 1.0): № 2022685086: заявл. 19.12.2022: опублик. 09.01.2023 / Ю. Д. Лысова, Л. И. Миронова, Н. И. Фомин; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина». – EDN AJCUIIS;

100. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023615204 Российская Федерация. Программа оценки эффективности сборно-монолитных каркасных систем по конструктивным параметрам (СМС-эксперт-конструкция): № 2023613198: заявл. 22.02.2023: опублик. 13.03.2023 / Ю. Д. Колмакова, Н. И. Фомин; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина». – EDN BABAVE;

101. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023615649 Российская Федерация. Программа оценки эффективности сборно-монолитных каркасных систем по технологическим параметрам (СМС-эксперт-технология): № 2023613249: заявл. 22.02.2023: опублик. 16.03.2023 / Ю. Д. Колмакова, Н. И. Фомин; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина». – EDN НМУКИУ;

102. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023669146 Российская Федерация. Программа оценки эффективности сборно-монолитных каркасных систем по технологической живучести (СМС-ЭКСПЕРТ-технологическая живучесть): № 2023667997: заявл. 01.09.2023: опублик. 11.09.2023 / Ю. Д. Колмакова, Н. И. Фомин; заявитель Федеральное государственное

автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина». – EDN HWQZNU;

103. Соколов, Б. С. Прочность и податливость вертикальных стыков стеновых панелей с использованием гибких петель / Б. С. Соколов, Ю. В. Миронова // Жилищное строительство. – 2014. – № 5. – С. 60-62. – EDN SFMQUN;

104. Соколов, Б. С. Прочность и трещиностойкость стеновых панелей зданий / Б. С. Соколов; Б. С. Соколов. – Москва: Изд-во Ассоц. строительных вузов, 2010. – 126 с. – ISBN 978-5-93093-727-5. – EDN QNOMYP;

105. Соколов, Б. С. Совершенствование методики расчета и конструирования стеновых панелей крупнопанельных зданий / Б. С. Соколов // Жилищное строительство. – 2011. – № 6. – С. 26-30. – EDN OVGOMR;

106. Сопоставление затрат на возведение монолитных и сборно-монолитных несущих конструкций многоэтажных зданий / И. А. Терновский, А. А. Карякин, С. А. Сонин [и др.] // Промышленное и гражданское строительство. – 2020. – № 1. – С. 12-20. – DOI 10.33622/0869-7019.2020.01.12-20. – EDN CTVBKL;

107. СП 130.13330.2018 Производство сборных железобетонных конструкций и изделий, 2019;

108. СП 130.13330.2018 Производство сборных железобетонных конструкций и изделий, Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2019;

109. СП 131.13330.2012 Строительная климатология, М.: Минстрой России, 2015;

110. СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87 (с Изменениями N 1, 3-6). – Введ. 2013-07-01 – М.: Госстрой, ФАУ "ФЦС", 2013. – 158с.;

111. Спиридонов, Н. Н. Технология производства сборных конструкций с использованием фиброцемента / Н. Н. Спиридонов, А. А. Лапидус // Транспортные сооружения. – 2019. – Т. 6, № 1. – С. 8. – DOI 10.15862/09SATS119. – EDN WPQDFL;

112. Строительное производство. Основные термины и определения:

Учебное пособие / Г. М. Бадьин, В. В. Верстов, В. Д. Лихачев, А. Ф. Юдина. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет | ЭБС АСВ, 2011. – 324 с. – ISBN 978-5-9227-0275-1. – EDN RXGYZT;

113. Сычев, С. А. Прогнозирование инновационных решений и технологий полносборного строительства / С. А. Сычев // Вестник гражданских инженеров. – 2016. – № 1(54). – С. 97-102. – EDN VURHYF;

114. Сычев, С. А. Технология пассивного монтажа железобетонных конструкций в условиях ограниченных энергоресурсов / С. А. Сычев, А. А. Абасс, А. А. Аль-Хабиб // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2023. – № 4(772). – С. 85-95. – DOI 10.32683/0536-1052-2023-772-4-85-95. – EDN XMZXCC;

115. Сяо, Ш. Перспективы применения сборных зданий для устойчивого развития строительной отрасли (анализ китайского опыта) / Ш. Сяо, Н. И. Фомин // Перспективы науки. – 2023. – № 9(168). – С. 79-84. – EDN UXXGGY;

116. Тамразян, А. Г. Научная школа железобетонных и каменных конструкций МГСУ / А. Г. Тамразян // Промышленное и гражданское строительство. – 2016. – № 9. – С. 19-25. – EDN WWIGTR;

117. Тамразян, А. Г. Научные основы оценки риска и обеспечения безопасности железобетонных конструкций, зданий и сооружений при комбинированных особых воздействиях / А. Г. Тамразян // Вестник НИЦ Строительство. – 2018. – № 1(16). – С. 106-114. – EDN YNSGEI;

118. Тамразян, А. Г. Оценка весомости конструкционных параметров платформенного стыка панельных зданий на надежность соединения по методу линеаризации / А. Г. Тамразян, Н. В. Федорова, Д. С. Дехтерев // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2018. – № 1(373). – С. 155-161. – EDN XRGBTV;

119. Тамразян, А. Г. Расчет параметров надежности стыковых соединений сборных железобетонных конструкций с использованием метода конечных элементов / А. Г. Тамразян, Д. С. Дехтерев, В. И. Черник // Инновации и инвестиции. – 2020. – № 7. – С. 148-152. – EDN BRAHNF;

120. Тамразян, А. Г. Современные методы оптимизации конструктивных решений для несущих систем зданий и сооружений / А. Г. Тамразян, А. В. Алексейцев // Вестник МГСУ. – 2020. – Т. 15, № 1. – С. 12-30. – DOI 10.22227/1997-0935.2020.1.12-30. – EDN WVLC DG;

121. Тарасов, М. В. Численное исследование работы замкового соединения стеновых панелей на растяжение до образования трещин / М. В. Тарасов, А. А. Карякин, И. С. Дербенцев // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2020. – Т. 20, № 1. – С. 14-23. – DOI 10.14529/build200102. – EDN KXC PPG;

122. Технология и энергетическая эффективность монтажа сборных элементов строительных систем / Г. М. Бадьин, С. А. Сычев, А. Аль-Хабиб [и др.] // Промышленное и гражданское строительство. – 2022. – № 7. – С. 54-60. – DOI 10.33622/0869-7019.2022.07.54-60. – EDN WTXRAG;

123. Технология строительного производства: Материалы Всероссийской молодежной научно-практической конференции, посвященной 190-летию Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета (ЛИСИ - СПбГАСУ), Санкт-Петербург, 28–29 апреля 2022 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2022. – 232 с. – ISBN 978-5-9227-1232-3. – EDN KMXJFA;

124. Топчий, Д. В. Организационно-технические решения по обеспечению качества строительного-монтажных работ на различных этапах жизненного цикла объекта строительства / Д. В. Топчий // Вестник МГСУ. – 2023. – Т. 18, № 2. – С. 283-292. – DOI 10.22227/1997-0935.2023.2.283-292. – EDN DRQXXH;

125. Топчий, Д. В. Технологический процесс устройства монолитных железобетонных перекрытий с вкладышами-пустотообразователями на примере технологии "Cobiax" / Д. В. Топчий, А. С. Болотова, Ю. А. Васильева // Перспективы науки. – 2019. – № 2(113). – С. 61-67. – EDN ZABRGH;

126. ТР 196-08. Технические рекомендации по технологии герметизации и уплотнения стыков наружных стеновых панелей. – Введ. 2008-06-01 – М.: ГУП "НИИМосстрой", 2008. – 32с.;

127. Федосов, С. В. Арматура в производстве железобетона: Учеб. пособие для студентов, обучающихся по спец. 290600 "Пр-во строит. материалов, изделий и конструкций" направления 653500 "Стр-во" / С. В. Федосов, Г. В. Серегин ; С.В. Федосов, Г.В. Серёгин ; М-во образования Рос. Федерации. Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования "Иван. гос. архит.-строит. акад.". – Иваново, 2003. – 106 с. – ISBN 5-88015-160-3. – EDN QNKIRP;

128. Халиуллин, А. Р. Влияние податливости бессварных стыков стеновых панелей на живучесть несущих систем бескаркасных зданий / А. Р. Халиуллин, Ю. В. Миронова // Инженерные кадры - будущее инновационной экономики России : Материалы Всероссийской студенческой конференции: в 8 частях, Йошкар-Ола, 23–28 ноября 2015 года. Том Часть 5. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2015. – С. 180-181. – EDN VNQVET;

129. Цай Т.Н. Строительные конструкции. Том 2. Железобетонные конструкции / Т.Н. Цай – г. Москва: Стройиздат, 1977 – 448 с.;

130. Шерешевский И.А. Жилые здания. Конструктивные системы и элементы для индустриального строительства. Издание стереотипное изд. Москва: Архитектура-С, 2005. 123 с.;

131. Шипилов, А. А. Анализ Российских и зарубежных заявок на патенты в области разработки быстровозводимых зданий / А. А. Шипилов, Н. И. Фомин // Colloquium-Journal. – 2020. – № 10-2(62). – С. 14-21. – EDN APRMYT;

132. Экспериментальные исследования вертикальных шпоночных стыков железобетонных стеновых панелей с петлевыми гибкими связями / А. А. Карякин, С. А. Сонин, И. С. Дербенцев, И. А. Бельдейко // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2011. – № 35(252). – С. 16-20. – EDN OJNPOJ;

133. Юдина А. Ф. Технологические процессы в строительстве / А. Ф. Юдина, В. В. Верстов, Г. М. Бадьин. – 2-е издание, стереотипное – Москва: Издательский центр «Академия», 2014. – 303 с.;

134. Юдина, А. Ф. Возведение одноэтажного промышленного здания из сборных железобетонных элементов / А. Ф. Юдина. – Москва-Берлин: Директ-



Медиа, 2021. – 77 с. – ISBN 978-5-4499-1817-8. – EDN CELLUD;

135. Юдина, А. Ф. Металлические и железобетонные конструкции. Монтаж: Учебник / А. Ф. Юдина. – 2-е изд., испр, и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2020. – 1 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-06927-3. – EDN JAACTS;

136. Юдина, А. Ф. Монтаж металлических и железобетонных конструкций: учебник для использования в учебном процессе образовательных учреждений, реализующих программы среднего профессионального образования / А. Ф. Юдина; А. Ф. Юдина. – Москва: Академия, 2009. – (Среднее профессиональное образование. Строительство и архитектура). – ISBN 978-5-7695-5141-3. – EDN QNOESJ;

137. Юдина, А. Ф. Строительные конструкции. Монтаж: Учебник / А. Ф. Юдина. – 2-е изд., испр, и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 302 с. – (Профессиональное образование). – ISBN 978-5-534-07027-9. – EDN JPUQME;

138. Юдина, А. Ф. Строительство жилых и общественных зданий: учебник для использования в учебном процессе образовательных учреждений, реализующих программы среднего профессионального образования по специальности 270103 "Строительство и эксплуатация зданий и сооружений" / А. Ф. Юдина; А. Ф. Юдина. – Москва: Изд. центр "Академия", 2011. – (Среднее профессиональное образование. Строительство и архитектура). – ISBN 978-5-7695-5907-5. – EDN QNOYTX;

**ПРИЛОЖЕНИЯ**

## Приложение А.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2781834

**Быстромонтируемое вертикальное скользящее  
соединение стеновых панелей**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
"Санкт-Петербургский государственный архитектурно-  
строительный университет" (RU)*

Автор(ы): *Белозеров Павел Григорьевич (RU)*

Заявка № 2021118265

Приоритет изобретения **05 марта 2021 г.**

Дата государственной регистрации

в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации **18 октября 2022 г.**

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает **05 марта 2041 г.**

*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ  
Сертификат 68b8007e14e40f0a94e6bd24145d5c7  
Владелец **Зубов Юрий Сергеевич**  
Действителен с 24.03.2022 по 26.05.2023

*Ю.С. Зубов*



## Приложение Б.

**ООО «Энсейв Констракшн»**

190020, РОССИЯ, Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, ЕКАТЕРИНГОФСКИЙ, ОБВОДНОГО КАНАЛА НАБ., Д.  
138, К. 1, ЛИТЕРА В, ПОМЕЩ. 1-Н-10, КОМ. №109, ОГРН: 1197847112187,  
ИНН: 7804646929, КПП: 780401001

«Утверждаю»

Генеральный директор

ООО «Энсейв Констракшн»

Панов Владимир Сергеевич

«06» июня 2023г.

**АКТ**

**о внедрении результатов диссертационного исследования Белозерова Павла Григорьевича на тему «Быстромонтируемое вертикальное скользящее соединение», в процесс производства железобетонных изделий ООО «Энсейв Констракшн»**

Комиссия в составе:

Председателя – руководитель направления А.А. Федорова, ведущего инженера-конструктора А.А. Шафикова и инженера-конструктора Д.А. Мельникова составила настоящий акт о том, что основные положения диссертационного исследования Белозерова Павла Григорьевича на тему «Быстромонтируемое вертикальное скользящее соединение» применяются в технологическом процессе производства железобетонных стеновых панелей, в виде типовой технологического регламента производственных процессов изготовления панелей стеновых наружных с применением технологии быстромонтируемого вертикального скользящего соединения. Использование результатов диссертационного исследования требует применения определенных опалубочных элементов в процессе изготовления железобетонных изделий, предусматривается многократное использование индивидуального типа опалубки, вследствие чего не происходит существенного увеличения материально-технических и трудовых затрат.

Председатель комиссии:

Руководитель направления

А.А. Федоров

Члены комиссии:

Ведущий инженер-конструктор

А.А. Шафиков

Инженер-конструктор

Д.А. Мельников



## Приложение В.



**Общество с ограниченной ответственностью  
«БФА-Строй»**

191144, г. Санкт-Петербург, ул. Новгородская, д.14, лит.А, пом.16-Н, пом. 201,  
ИНН 7842187458 КПП 784201001 р/с 40702810422510000629, филиал ПАО "БАНК  
УРАЛСИБ" в г. Санкт-Петербург к/с 30101810800000000706 БИК 044030706,  
E-mail: [office@bfa-stroy.ru](mailto:office@bfa-stroy.ru)

«Утверждаю»

Руководитель генподрядного

подразделения

ООО «БФА-Строй»

Маслак Роман Александрович

«    » июня 2023г.

### АКТ

**о внедрении результатов диссертационного исследования Белозерова  
Павла Григорьевича на тему «Быстромонтируемое вертикальное  
скользящее соединение», в технологический процесс строительной  
организации ООО «БФА-Строй»**

Комиссия в составе:

Председателя – начальника строительного участка Н.С. Долотюк, старшего производителя работ А.Н. Васильева составила настоящий акт о том, что основные положения диссертационного исследования Белозерова Павла Григорьевича на тему «Быстромонтируемое вертикальное скользящее соединение» применяются в технологическом процессе возведения индивидуальных железобетонных конструкций, в виде типовой технологической карты монтажа наружных стеновых панелей с применением технологии быстромонтируемого вертикального скользящего соединения. Использование результатов диссертационного исследования соответствует требованиям нормативно-технической базы, не требует дополнительных затрат материально-технических ресурсов в процессе производства монтажных работ, а также увеличивает темпы производства строительномонтажных работ.

Председатель комиссии:

Начальник строительного участка

Н.С. Долотюк

Члены комиссии:

Старший производитель работ

А.Н. Васильев