

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования

**«КРЫМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени В.И. Вернадского»**

(ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»)

ИНСТИТУТ «АКАДЕМИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ»

Кафедра Строительных конструкций

Богущая Анна Юрьевна

**Восстановление и усиление сборных железобетонных конструкций
промышленных зданий после длительного срока эксплуатации**

НАУЧНО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА

Обучающейся 4 курса -группа С(ПГС)-б-о-221
Направления подготовки 08.03.01 Строительство
Образовательная программа «Промышленное и гражданское строительство»
Форма обучения очная

Научный руководитель
Зав. кафедрой Строительных конструкций
к.т.н., доцент

Родин С.В.

Симферополь, 2025

АННОТАЦИЯ

Автор НИР: Богуцкая Анна Юрьевна

Тема НИР: «Восстановление и усиление сборных железобетонных конструкций промышленных зданий после длительного срока эксплуатации».

Название высшего учебного заведения: ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского» Институт «Академия строительства и архитектуры».

Цель НИР:

Выполнить усиление ребристых плит покрытия по результатам обследования конструкций покрытия производственного корпуса ООО «РОССНАБ».

Основные результаты НИР:

1. Анализ состояния вопроса и предложений по усилению сборных железобетонных ребристых плит покрытия, отобранных по признакам предаварийного состояния на обследованном объекте реконструкции промышленного назначения, позволил обоснованно разработать и запатентовать усовершенствованную конструкцию подкладочных шпренгельных элементов усиления, попарно располагаемых вблизи поврежденных продольных несущих ребер.

2. Представлена организационно-технологическая схема и возможные варианты оснащения для реализации модернизационных работ по усилению плит покрытия, позволяющие выполнить процессы подъема и установки элементов усиления средствами малой механизации, смонтированных на передвижных инвентарных лесах или подмостях без привлечения мощных грузоподъемных машин и механизмов.

3. При разработке схем по усилению предложены и запатентованы способы механизации монтажа шпренгельных конструкций усиления с размещением инновационных механизмов на средствах подмащивания – вышках-турах [2].

4. При выполнении НИР использованы методики: анализ состояния вопроса по литературным и патентным источникам, обоснование целесообразности и моделирование усиления сборных железобетонных ребристых плит покрытия, технологии и организации реконструкционных работ на конкретном объекте, оценка социально-экономической эффективности и производственной безопасности предлагаемых инновационных решений.

Научная новизна НИР: в работе представлена инновационная технология усиления сборных железобетонных ребристых плит покрытия с

использованием стальных балок-шпренгелей оригинальной конструкции, обоснована целесообразность и представлены примеры усовершенствованного технологического оснащения производства строительно-монтажных и реконструкционных работ, выполняемых на высоте.

Ключевые слова НИР: сборные железобетонные ребристые плиты покрытия, усиление, стальная балка-шпренгель, технология и организация производства работ, подмости для работ на высоте.

Объем НИР - 35 страниц (без учета библиографического списка), в т.ч. 5 таблиц и 8 иллюстраций. Библиографический список включает в себя ссылки на 10 использованных в ходе работы источника.

Апробация работы

1. Патент на полезную модель № 235432 U1 Российская Федерация, МПК E04G 21/00. Устройство для производства работ на высоте : заявл. 24.03.2025 : опубл. 02.07.2025 / В. Т. Шаленный, А. Ю. Богуцкая, Д. А. Смазнов ; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского".

2. Патент на полезную модель № 229723 U1 Российская Федерация, МПК E04C 3/10, E04G 23/02. Преднапряжённая стальная балка-шпренгель : № 2024121601 : заявл. 29.07.2024 : опубл. 23.10.2024 / А. Ю. Богуцкая, Ю. Г. Богуцкий, В. Т. Шаленный [и др.] ; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского". – EDN QTEYTX.

3. Чаплыгин, В. А. Новый способ усиления ребристых железобетонных плит покрытия напряжёнными шпренгелями / В. А. Чаплыгин, А. Ю. Богуцкая // Инновационное развитие строительства и архитектуры: взгляд в будущее : сборник трудов участников VIII международного студенческого строительного форума, Симферополь, 28–30 ноября 2024 года. – Симферополь: ИТ «Ариал», 2025. – С. 127-129. – EDN NOVRWF.

4. Богуцкая, А. Ю. Способ усиления шестиметровых ребристых железобетонных плит покрытия преднапряжёнными стальными балками-шпренгелями / А. Ю. Богуцкая // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техноферной безопасности : материалы XII Всероссийской (с международным участием) научно-технической конференции молодых исследователей, Волгоград, 21–26 апреля 2025 года. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ), 2025. – С. 33-35. – EDN NVVZVG.

5. Богуцкая, А. Ю. Технология усиления шестиметровых железобетонных ребристых плит покрытия стальными балками-шпренгелями оригинальной конструкции / А. Ю. Богуцкая, В. А. Чаплыгин, В. Т. Шаленный // Строительство и техногенная безопасность. – 2025. – № 37(89). – С. 35-41. – EDN TPGJZY.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
РАЗДЕЛ 1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР	7
1.1 Анализ исследований и публикаций	7
1.2 Цели и задачи исследований.....	8
РАЗДЕЛ 2 ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	10
2.1 Объемно-планировочные решения.....	10
2.2 Конструктивные решения	11
2.3. Подготовительные работы	13
2.4. Порядок производства основных работ	14
2.4.1. Подготовительные работы	14
2.4.2. Основные работы.....	15
2.4.3. Монтаж металлоконструкций	16
2.4.4. Заключительные работы.....	18
РАЗДЕЛ 3 ТЕНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО УСИЛЕНИЮ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РЕБРИСТЫХ ПЛИТ ПОКРЫТИЯ ШПРЕНГЕЛЬНЫМИ ЗАТЯЖКАМИ ОРИГИНАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ С ПОМОЩЬЮ ИННОВАЦИОННЫХ СРЕДСТВ ПОДМАЩИВАНИЯ.....	19
3.1 Сравнение организационно-технологического решения усиления ребристых плит покрытия.....	19
3.2 Рекомендации по усилению железобетонных ребристых плит покрытия..	22
3.3 Разработка технологических схем усиления по монтажу подготовленных элементов.....	24
3.3.1 Потребность в материально-технических ресурсах	28
3.4 Калькуляция трудозатрат.....	30
3.5 Календарный график производства работ	32
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	35
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	37
ПРИЛОЖЕНИЕ А	39

ВВЕДЕНИЕ

Современные технологии строительства и реконструкции требуют принципиально новых подходов к решению проблемы восстановления несущей способности строительных конструкций. Особую актуальность эти вопросы приобретают в отношении сборных железобетонных ребристых плит покрытия. С увеличением объемов гражданского и промышленного строительства пропорционально растет и потребность в эффективных решениях по восстановлению и усилению существующих конструкций, многие из которых приближаются к пределу своего проектного ресурса. Для усиления таких конструкций широко используются преднапряженные балки-шпренгели, вес которых может достигать более 100 килограмм. Для принятия эффективного решения по ремонту и усилению сборных железобетонных ребристых плит покрытия обычно выполняется сравнение показателей организационно-технологических решений. При монтаже таких конструкций необходимо использовать средства подмащивания и подъема. Для рационализации и механизации таких процессов предлагается усовершенствованная технология и организация усиления плит покрытия шпренгельными затяжками с помощью передвижных подмостей оригинальной конструкции с подъемным механизмом на них.

РАЗДЕЛ 1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

1.1 Анализ исследований и публикаций

Настоящая работа развивает принципиальные решения, изложенные в ранее опубликованной статье [3]. С учетом актуальности вопроса и практических возможностей реализации известной конструктивно-технологической системы усиления стальными балками-шпренгелями со стяжными муфтами, в нашем исследовании обоснованно представлено ее запатентованное усовершенствование [1]. Разработанное решение демонстрирует возможности его потенциального применения на конкретном строительном объекте - производственном корпусе ООО «РОССНАБ», г. Симферополь, что может подтвердить его практическую значимость и ожидаемую эффективность.

В дополнение к данным, представленным в указанной статье [3], а также к результатам обследования конструкций покрытия рассматриваемого объекта, здесь следует отметить более поздние разработки в этой области. Среди них особого внимания заслуживают запатентованные методы усиления многопустотных железобетонных плит перекрытий с использованием шпренгельных затяжек, которые устанавливаются наклонно через тело плиты и её пустоты [4, 5]. Эти инновационные решения расширяют возможности реконструкции с повышением несущей способности многопустотных несущих конструкций.

Специалисты Донбасской Национальной Академии Строительства и Архитектуры (ДонНАСА), предложили альтернативный метод усиления железобетонных конструкций плит методом внешнего армирования композитными материалами [6]. Технология предполагает приклеивание на нижнюю поверхность плит элементов с направлением армирующих волокон вдоль оси конструкции и поверх них. Авторы привели технико-экономическое обоснование усиления железобетонных плит перекрытия композитными материалами, выявили наиболее экономичный и наименее продолжительный по устройству метод усиления [7].

В работе Ильичева А.Ф. и соавторов [8] представлена методика, позволяющая системно оценивать технологические и организационные решения в строительстве через технико-экономические критерии, что способствует обоснованному выбору рациональных и оптимальных вариантов при проектировании. Авторы акцентируют внимание на практических примерах и рекомендациях, упрощающих внедрение методики в реальные проекты, что делает её ценным инструментом для повышения эффективности проектируемых строительных процессов.

А.М. Югов и С.Д. Ветров проводят сравнительный анализ методов монтажа металлического каркаса, оценивая их эффективность по критериям экономичности, скорости реализации и соответствия техническим требованиям конкретных проектов. В исследовании подчеркивается, что выбор оптимальной технологии зависит от особенностей объекта, таких как архитектурная сложность, функциональное назначение и заданные сроки строительства. Такой подход позволяет выделить наиболее рациональные решения, адаптированные под условия современных урбанистических вызовов [9].

1.2 Цель и задачи исследований

Цель – обоснованно предложить и описать относительно более эффективную технологию и организацию работ по усилению сборных железобетонных ребристых плит покрытия балками-шпренгелями оригинальной конструкции с применением инновационных механизмов на средствах подмащивания – вышках-турах промышленного здания после длительного срока эксплуатации.

Задачи:

- анализ состояния вопроса с обоснованием целесообразности, направления и эффективности применения элементов предложенного устройства для производства работ на высоте – вышках-турах с подъемными механизмами;

- разработка и предварительная оценка технико-экономических показателей и безопасности производства работ по предложенной технологии и организации работ по усилению отбракованных плит покрытия.

Предмет исследования: конструкция, технология и организация производства работ по усилению сборных железобетонных ребристых плит покрытия производственного корпуса ООО «РОССНАБ», г. Симферополь.

РАЗДЕЛ 2 ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Объемно-планировочные решения

Литер "А" – основная часть

Здание простой прямоугольной формы в плане габаритными размерами в осях 1-4/А-Ж 24,0х36,0 м, без подвала (см. прил. 1). В осях 1-4/А-В здание состоит из двух этажей: высота помещений первого и второго этажей составляет 3,0 м (см. прил. 1). В осях 1-4/В-Ж здание состоит из одноэтажной и двухэтажной частей: высота помещений первого этажа составляет 3,54 м, высота одноэтажной части до низа стропильных балок покрытия переменная и изменяется от 5,3 до 6,0 м (см. прил. 1). К зданию по оси 4 примыкает одноэтажная пристройка с чердаком простой прямоугольной формы в плане габаритными размерами в осях 4-5/А-В 5,4х12,26 м, без подвала (см. прил. 1). Высота помещения составляет 2,6 м. На этажах располагаются служебные помещения персонала, подсобные и складские помещения. Вход в здание предусмотрен через ворота в стене по оси 4 и В, подъем на второй этаж осуществляется по внутренним лестницам.

Состояние здания (литер "А") в целом оценено как ограниченно работоспособное, но необходимо выполнить капитальный ремонт с усилением аварийных мест в покрытии в осях 1-4/В-Ж.

Большая часть панелей и плит покрытия корпуса находится в ограниченно работоспособном, а 8 ребристых плит покрытия находятся в аварийном состоянии и требуют усиления

Плиты, требующие усиления находятся в следующем состоянии:

- продольные коррозионные трещины в поперечных ребрах;
- замачивание и высолы (коррозия бетона);
- продольные коррозионные трещины в продольных ребрах;
- оголение и коррозия арматуры в поперечных ребрах;
- оголение и коррозия арматуры в полке (плите);
- сколы бетона в продольных ребрах;

- оголение и коррозия арматуры в продольных ребрах;
- трещины в полке;
- уменьшение площади опирания продольных ребер;
- наклонные трещины в приопорной зоне.

2.2 Конструктивные решения

Конструктивная схема – комбинированная:

- в осях 1-4/А-В жесткая с несущими каменными стенами, расположенными вдоль буквенных осей, пространственная жесткость обеспечивается за счет перевязки продольных и поперечных стен, и жесткими горизонтальными дисками перекрытий;

- в осях 1-4/В-Ж жесткая в виде неполного каркаса, плиты покрытия по осям В и Ж опираются на несущие стены, по осям Г, Д и Е на стропильные балки покрытия, пространственная жесткость обеспечивается за счет перевязки продольных и поперечных стен, жесткими горизонтальными дисками перекрытий и покрытия, и сваркой закладных деталей сборных элементов каркаса;

- пристройка в осях 4-5/А-В в виде неполного каркаса.

Фундаменты под стены и пилястры в осях 1-4/А-Ж - из сборных фундаментных плит ФЛ и сборных блоков ФБС.

Фундаменты под железобетонные колонны в осях 1-4/В-Ж - отдельно стоящие с размерами подошвы не менее 2,1х2,1 м.

Фундаменты под стены и стальные стойки в осях 4-5/А-В - монолитные бетонные.

Стены в осях 1-4/А-Ж шириной 40...54 см и пилястры сечением 54х80 см выполнены из крупных стеновых блоков пильного известняка и кирпичной кладки на сложном растворе.

Стены в осях 4-5/А-В шириной 40...60 см из кирпича.

Перегородки шириной 20...25 см из мелкоштучных камней правильной прямоугольной формы пильного известняка-ракушечника с до кладки из

нуммулитового известняка на сложном растворе, шириной 15...17 см и частично из полнотелого кирпича на сложном растворе.

Колонны в осях 1-4/В-Ж - сборные железобетонные сечением 40х40 см.

Балки покрытия в осях 1-4/В-Ж – сборные железобетонные, предварительно напряженные с параллельными поясами пролетом 12 м двутаврового сечения.

Стойки в осях 4-5/А-В из стальных прокатных труб.

Балки в осях 4-5/А-В из стальных прокатных рельс.

Поясные блоки в осях 1-4/А-В в уровне перекрытий запроектированы сборно-монолитными.

Перемычки над дверными и оконными проемами в несущих стенах - сборные железобетонные, над воротами - сборные железобетонные, в перегородках - деревянные.

Балконные блоки в осях 1-4/А сборные железобетонные с вылетом консоли 90 см.

Перекрытия - сборные многопустотные железобетонные панели размерами 1,2х6,0 м, 1,5х6,0 м толщиной 22 см.

Покрытие в осях 1-4/А-В - сборные многопустотные железобетонные панели размерами 1,2х6,0 м, 1,5х6,0 м толщиной 22 см и в осях 1-4/В-Ж сборные ребристые железобетонные плиты размерами 3,0х6,0 м с высотой ребра 30 см.

Внутренняя лестница в осях 1-4/А-В из сборных железобетонных элементов.

Внутренние лестницы в осях 1-4/В-Ж из стальных элементов.

Кровля в осях 1-4/А-Ж из мягкого рулонного материала.

Кровля в осях 4-5/А-В двухскатная выполнена из стального оцинкованного профнастила. Основанием кровли служит доска 25 мм с шагом 35 см. Несущими конструкциями являются деревянные стропильные балки сечением 5х15 см с шагом 1,0 м.



Рисунок 2.1 - Ситуационная схема расположения объекта

2.3 Подготовительные работы

До начала производства основных работ выполняются следующие работы подготовительного периода:

- установка информационного щита;
- устройство временного освещения;
- установка мусорных контейнеров для строительных и бытовых отходов;
- установка и укомплектование пожарного щита;
- устройство места для временного хранения материалов, конструкций и изделий;

- назначение лица, ответственного за качественное и безопасное производство работ, в том числе за противопожарную безопасность;
- завоз, проверка и подготовка необходимых средств механизации, а также инструмента, средств индивидуальной защиты и средств коллективной защиты;
- выполнение освещения рабочих мест;
- завоз, проверка и подготовка строительных материалов, конструкций и изделий;
- установка на границах опасных зон соответствующих плакатов и знаков безопасности.

Освещение зоны производства работ при необходимости осуществляется за счет существующей сети электроснабжения, чьи параметры должны соответствовать данным, приведенным ниже.

Общее равномерное освещение следует применять, если нормируемое значение освещенности не превышает 10 Лк. В целях комфортного перепада яркости, в поле зрения работающих, соотношение освещенностей зоны выполнения работ и периферийной зоны должно соответствовать значениям, приведенным в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Соотношение освещенности окружающего пространства и объекта

Освещенность зоны выполнения работ, лк	Освещенность периферийной зоны, не менее, лк
300	75
200	50
150	30
50-100	20
<50	не нормируется

2.4 Порядок производства основных работ

2.4.1 Подготовительные работы

До начала производства работ необходимо выполнить мероприятия в соответствии с разделом 2.3 данной работы.

2.4.2 Основные работы

Основные работы выполняются в следующей последовательности:

- 1) Разгрузка участков покрытия производственного корпуса с частичным снятием слоев кровельного «пирога»;
- 2) Монтаж лесов с устройством рабочего настила;
- 3) Пробивка отверстий в каменной стене рядом с усиливаемыми элементами под балку.

Пробивка отверстий производится каменщиками в следующей последовательности: отбивают штукатурку. Отбойным инструментом (перфоратором или отбойным молотком) вначале разрушают горизонтальный шов, снимают целые кирпичи и спускают на пол/плиту покрытия/перекрытия.

Демонтаж производится внутрь технического этажа. Демонтированный кирпич и газобетон спускается вниз при помощи грузовых лифтов внутри здания.

4) Установка опалубки из металлических щитов и установка ее в проектное положение.

5) Укладка бетонной смеси и выдержка бетона до набора 70-80% прочности.

6) Демонтаж опалубки.

7) Укладка стальных балок усиления из двутавров на верхние пояса балок или на каменные стены с помощью крана.

8) Включение затяжки в работу выполняется в следующей последовательности:

- элементы металлических конструкций усиления монтируются поэлементно;
- к стальным балкам привариваются распорки из швеллеров №6.5, усиленные косынками 80x80x4 мм;

- заранее подготовленные Z-образные части затяжки устанавливаются в проектное положение и фиксируются на сварке;

- с помощью сварки стыковым соединением С15-Рс по ГОСТ 14098-2014 соединяем Z-образные части затяжки;

- в центре стенки двутавра просверлено отверстие, обрамленное шайбами, приваренными с двух сторон стенки двутавра. В это отверстие вставлена скоба с резьбой на обоих концах. Ветви скобы охватывают затяжку, а под ней на скобу одета горизонтальная планка, затянутая гайками;

- в специально подготовленные отверстия в стягивающей муфте вставляется арматурный стержень и выполняется предварительное напряжение в затяжке;

- величина предварительного напряжения принимается в пределах 70-100 МПа;

- контроль натяжения необходимо осуществлять путем замера удлинений;

- защиту стальных элементов усиления от коррозии выполнить лакокрасочным покрытием в соответствии с СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии».

Доставленные на строительную площадку укрупненные конструкции и изделия, следует использовать по назначению по возможности без промежуточного складирования - конструктивные элементы сразу с транспортных средств следует устанавливать на проектную отметку, а материалы и полуфабрикаты подавать в зону их использования. При отсутствии такой возможности материалы и изделия складировать на местах временного хранения, с соблюдением правил хранения, чтобы продукция при использовании соответствовала техническим условиям.

2.4.3 Монтаж металлоконструкций

Элементы металлических конструкций усиления монтируются в сборе.

Погрузо-разгрузочные работы производятся с помощью крана, установленном на передвижных подмостях (см. рис. 2.2) и схемы подъема и установки собранного усиления краном (см. приложение А).

Строповка грузов производится в соответствии с приведенными схемами строповки (см. приложение А).

Перемещение грузов, на которые не разработаны схемы строповки, необходимо производить в присутствии и под руководством лица, ответственного за безопасное производство работ.

Перед использованием грузозахватных приспособлений необходимо убедиться в их исправности, а также в наличии бирок и клейм с указанием грузоподъемности. Запрещается использовать неисправные приспособления (стропы).

Не допускается привлекать к строповке грузов грузополучателей и других посторонних лиц, а также находиться посторонним лицам в зоне работы крана.

Для хранения грузозахватных приспособлений отводится специальное место, куда попадают атмосферные осадки.

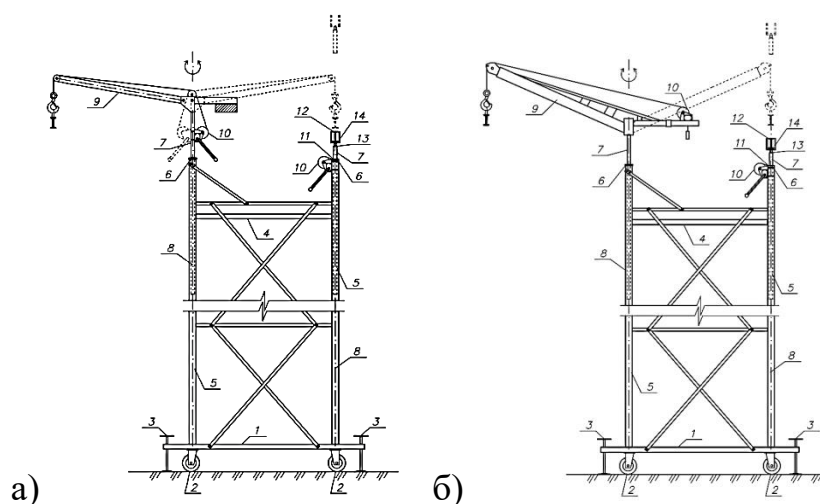


Рисунок 2.2 – а) и б) модернизированными подмостями с механизмом подъема и выталкивания

2.4.4 Заключительные работы

После окончания строительно-монтажных работ, необходимо очистить место производства работ от строительного мусора:

1. Вывести с территории здания все демонтированные материалы и строительный мусор;
2. Вывезти с территории технологическое оборудование, оснастку и инструменты;
3. Подписать акты выполненных работ.

РАЗДЕЛ 3 ТЕНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО УСИЛЕНИЮ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РЕБРИСТЫХ ПЛИТ ПОКРЫТИЯ ШПРЕНГЕЛЬНЫМИ ЗАТЯЖКАМИ ОРИГИНАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ С ПОМОЩЬЮ ИННОВАЦИОННЫХ СРЕДСТВ ПОДМАЩИВАНИЯ

3.1 Сравнение организационно-технологического решения усиления ребристых плит покрытия

В настоящей работе рассмотрено сравнение организационно-технологического решения усиления ребристых плит покрытия номинальным размером 3,0х6,0 м, высота этих плит составляет – 30 см. Толщина полки плит 30 мм. В плитах с шагом 1,0 м расположены поперечные ребра сечением 5х10 см. Толщина продольных ребер в нижней части плит составляет 75 мм. Прочность бетона ребристых плит, определенная склерометрическим методом, показала, что она соответствует классу бетона по прочности на сжатие В20...В25. Плиты идентифицированы как ЗПГ6-4АVI по серии 1.465.1-17 «Плиты железобетонные ребристые размерами 3х6 м для покрытий одноэтажных производственных зданий» (рис. 3.1). Вследствие разрушения кровельного материала, атмосферные осадки беспрепятственно проникали во внутреннее пространство здания, и длительное время замачивали плиты покрытия. Постоянное замачивание плит покрытия вызвало развитие коррозионных процессов в рабочей и конструктивной арматуре, что привело к разрушению и отслоению защитного слоя бетона. Утяжеление состава кровли привело к появлению наклонных трещин в продольных ребрах отдельных плит. Анализ проявившихся дефектов в плитах показал, что некоторые плиты уже не способны воспринимать фактические величины нагрузок. Их состояние оценено как аварийное, эти плиты требуют усиления или замены [3].

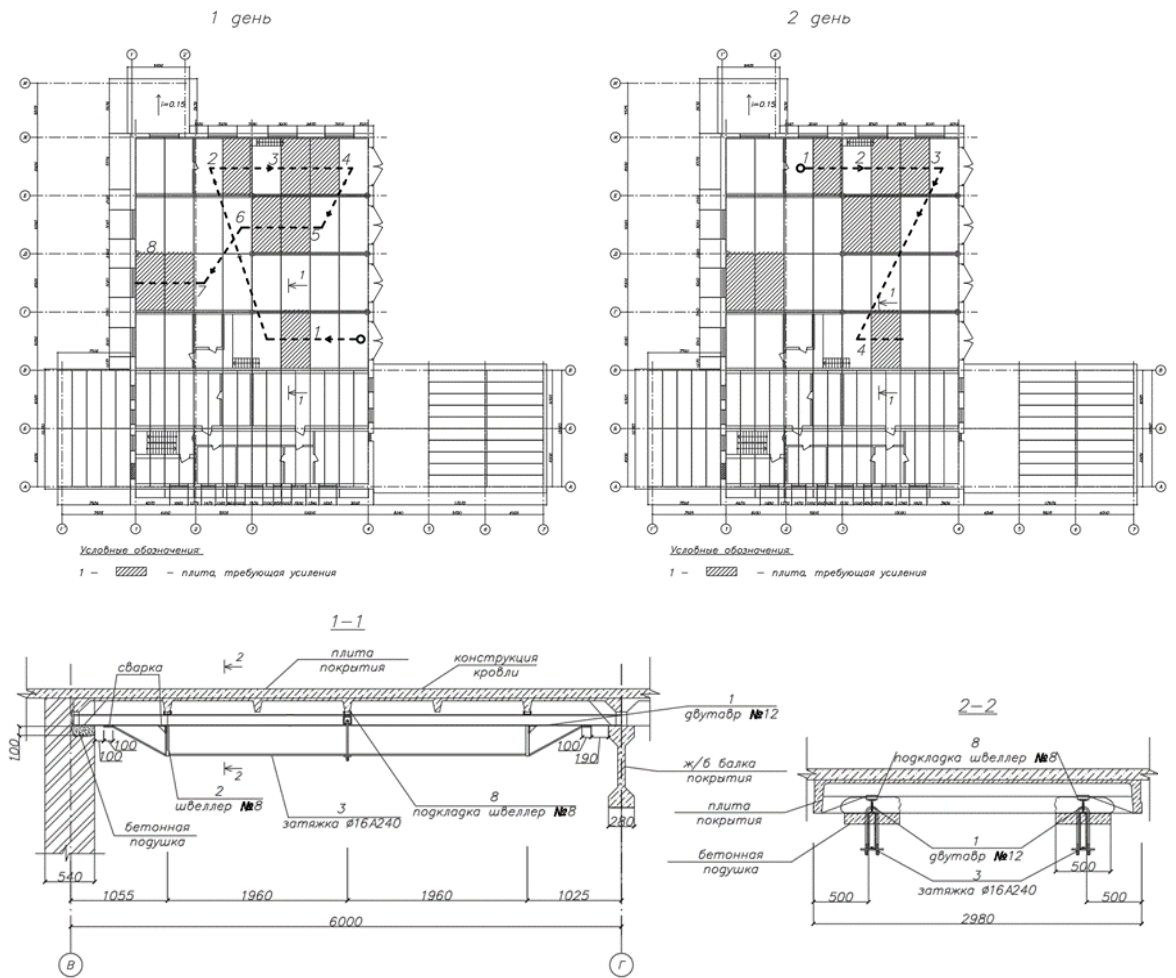


Рисунок 3.1 - Схема раскладки отбракованных плит покрытия и последовательность работ по их усилению шпренгелями в 1-й и 2-й день производства реконструкции

Наиболее эффективное решение выполнения работ при усилении железобетонных ребристых плит обычно принимается на основании сравнения технико-экономических показателей. Для дальнейших исследований приняты два варианта усиления железобетонных ребристых плит с изменением конструктивной схемы (см. рис. 3.2):

- балка-шпренгель со стяжной скобой;
- балка-шпренгель со стяжной резьбовой муфтой.

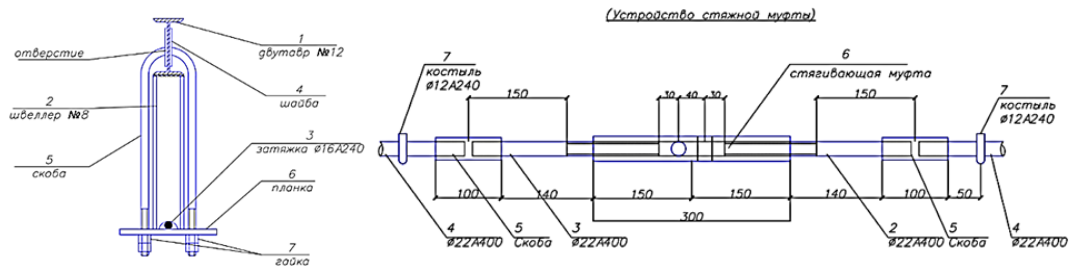


Рисунок 3.2 - Рассмотренные альтернативные варианты конструкции стяжной скобы и стяжной муфты стальной балки-шпренгеля для усиления шестиметровых ребристых плит покрытия

Для предложенных выше двух вариантов выполнено определение экономической эффективности в разрезе ключевых показателей: сортамент материалов и их количество; общая масса конструкции усиления (табл. 3.1).

Таблица 3.1 - Сравнение конструкций стяжной скобы и стяжной муфты стальной балки-шпренгеля для усиления шестиметровых ребристых плит покрытия по массе

Параметр	Вариант 1 - Балка-шпренгель со стяжной скобой	Вариант 2 - Балка-шпренгель со стяжной муфтой
Сортамент материалов и их количество		
Основная балка	Двутавр №12 (1 шт.)	Двутавр №12 (1 шт.)
Распорки	Швеллер №6,5 (2 шт.)	Швеллер №8 (2 шт.)
Элементы крепления	Скоба $\varnothing 16$, планка 80x12, гайки М18	Скобы 80x6, труба $\varnothing 38 \times 7$, костыли $\varnothing 12 \text{A}240$
Затяжка	$\varnothing 16 \text{A}240$ (1 шт.)	$\varnothing 22 \text{A}400$ (3 шт.)
Дополнительные детали	Шайбы 80x80x15	Стяжная муфта
Масса конструкции	85,31 кг	94,15 кг

Минимальные затраты отмечены при реализации варианта 1 (см. рис. 3.3).

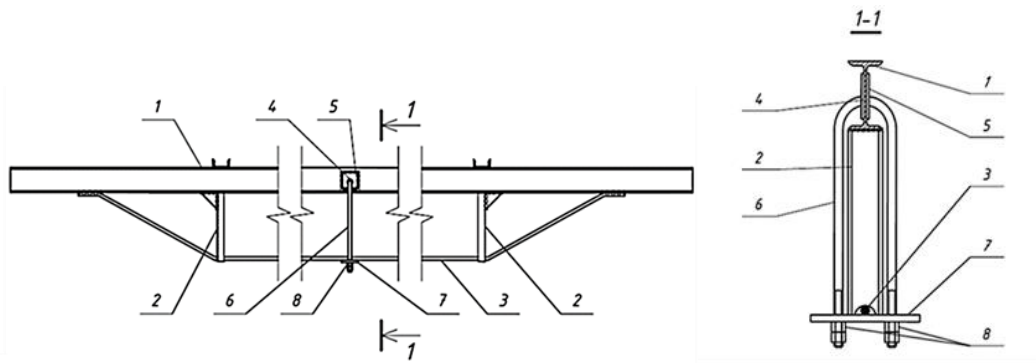


Рисунок 3.3 – Предложенное и запатентованное как полезная модель конструкция стальной балки-шпренгеля для усиления шестиметровых ребристых плит покрытия

3.2. Рекомендации по усилению железобетонных ребристых плит покрытия

Рассмотрим организационно-технологические особенности относительно более эффективного решения выполнения усиления железобетонных ребристых плит – установки двух балок-шпренгелей со стяжной скобой. Основными элементами системы выступают двутавры №12, швеллеры №8 и №6,5, а также Z-образная затяжка, которые совместно снижают прогибы и усиливают конструкцию [1].

Мы предлагаем способ усиления плит покрытия позволяющий восстановить их несущую способность без остановки производства обозначенными участками с передвижных лесов. Но еще до установки на место монтажа предусматривается заводское изготовление шпренгельной системы, включающие следующие операции:

- к стальным балкам (поз.1) привариваются распорки из швеллеров №6,5 (поз.2), усиленные косынками 80x80x4 мм;
- заранее подготовленная Z-образная часть затяжки (поз.3) устанавливается в проектное положение и фиксируется на сварке к сваренному двутавру и швеллеру. А уже на проектных отметках укладываются предварительно собранные стальные балки на верхние пояса балок покрытия или на бетонные опоры в каменных стенах. После чего,

устанавливаются прокладки из швеллеров №8 и расклиниваются к поперечным ребрам плит клиньями из пластин (кол-во уточнить по месту).

Предварительно в центре стенки двутавра (поз.1) также было просверлено отверстие (поз.4), обрамленное шайбами (поз.5), приваренными с двух сторон от стенки двутавра (поз.1). В это отверстие (поз.4) вставлена скоба (поз.6) с резьбой на обоих концах. Ветви скобы (поз.6) охватывают затяжку (поз.3), а под ней на скобу (поз.6) одета горизонтальная планка (поз.7), затянутая гайками (поз.8)

Последовательное затягивание гаек на скобе создает равномерное натяжение, прижимающее затяжку к плите и перераспределяющее часть нагрузки на шпренгель [1]. Таким образом, балка-шпренгель включается в работу для совместного восприятия нагрузок после реконструкции.

Проверка принятых решений по усилению.

Нормативные нагрузки:

- 1) Собственный вес плиты: $q_n = 250 \text{ кг/м}^2$.
- 2) Нагрузка от веса кровли: $q_n = 200 \text{ кг/м}^2$
- 3) Снеговая нагрузка: $S_n = 50 \text{ кг/м}^2$.

Расчет выполнен в предположении восприятия стальными балками усиления всей нагрузки.

Расчетная нагрузка на балки усиления:

$$q = (250 \cdot 1.1 + 200 \cdot 1.2 + 50 \cdot 1.4) \cdot 3 = 1755 \text{ кг/м}^2$$

Изгибающий момент от внешней нагрузки:

$$M = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{1755 \cdot 6^2}{8} = 7898 \text{ кг} \cdot \text{м}$$

Требуемый момент сопротивления для стали С245:

$$W = \frac{M}{R} = \frac{7898 \cdot 100}{2500} = 316 \text{ см}^3$$

Для принятых 2 двутавров №12 момент сопротивления равен: $W = 58.4 \cdot 2 = 116,8 \text{ см}^3$, т.е. максимальный изгибающий момент, который могут воспринять 2 двутавра №12:

$$M = W \cdot R = 116,8 \cdot 2500 = 2920 \text{ кг} \cdot \text{м}$$

Дефицит несущей способности составляет: $M_{\text{деф}} = 7898 - 2920 = 4978 \text{ кг} \cdot \text{м}$.

Усиливаем стальные балки затяжкой.

На одну затяжку: $M_{\text{деф}1} = 4978 \div 2 = 2489 \text{ кг} \cdot \text{м}$

Плечо внутренней пары сил равно:

$$z = \frac{h_{\text{полки}}}{2} + 270 + 315 = \frac{30}{2} + 270 + 315 = 600 \text{ мм}$$

Усилие в затяжке:

$$N = \frac{M_{\text{деф}}}{z} = \frac{2489}{0.600} = 4148 \text{ кг}$$

Требуемая площадь затяжки из гладкой арматуры класс А240:

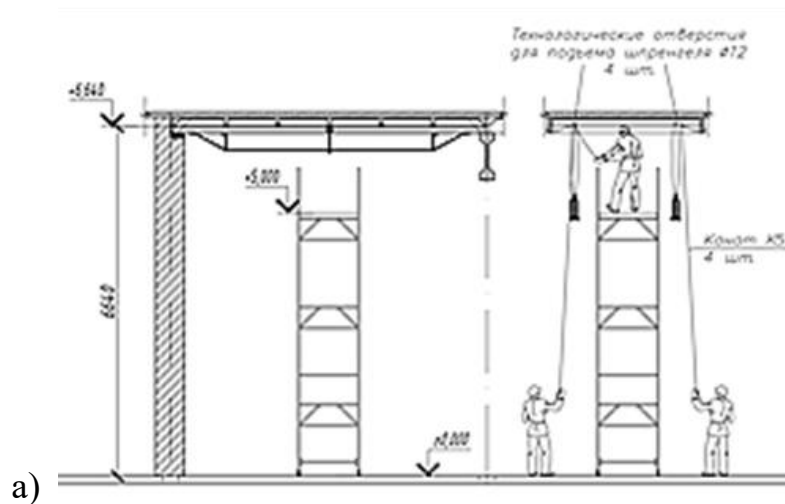
$$A_s = \frac{N}{R_s} = \frac{4148}{2100} = 1,98 \text{ см}^2$$

принимаем затяжку из $\text{Ø}16\text{A}240$.

Длина сварного шва для нахлесточного соединения арматуры Н1-Рш по ГОСТ 14098-2014 должна быть не менее $3d_{\text{н}} = 3 \cdot 16 = 48 \text{ мм}$. Принимаем 100 мм.

3.3 Разработка технологических схем усиления по монтажу подготовленных элементов

Далее разрабатывались и анализировались технологические схемы организации работ по монтажу подготовленных элементов усиления (рис. 3.4).



после проверки положения, ее включают в работу путем расклинки в зазорах между поперечными ребрами железобетонной плиты и верхним поясом стальной балки. Под каждую усиливаемую плиту необходимо установить две подкладочные балки усиления. Чтобы отверстиями не повреждать ребра плиты, как вариант, возможно на них смонтировать струбцины, через которые запасовывать тросы для подъема конструкции балки усиления.

В последнее время, появились видеоролики, а в торговых сетях продаются специальные подъемники для монтажа листов гипсокартона на потолочные несущие профили, например, марки DLT Panel Lifter. Взяв за основу механизм подъема и стойки указанного подъемника, предлагаем приспособить его и для механизированного монтажа наших элементов усиления (рис. 3.4 б). Кроме этого, уже многократно апробированного китайскими друзьями решения, наши умельцы-«самоучки» с той же целью – механизации подъема и фиксации перед постоянным закреплением листов гипсокартона на потолочном каркасе, предлагают использование как ручных лебедок, так и оригинальных домкратов-толкателей выдвижной трубы-держателя. Поэтому, в дальнейших научно-проектных изысканиях, предложена возможная доработка и оригинального технологического оснащения монтажа предложенной системы усиления. На рисунке 3.4 в) и г) представлено два варианта предлагаемого устройства для производства работ на высоте.

Основой системы служит мобильная платформа-вышка (поз.1), оснащенная опорными колесами (поз.2), что позволяет легко перемещать оборудование к месту производства работ. По прибытии на рабочую позицию, платформа надежно закрепляется механизмом фиксации (поз.3), исключая нежелательные перемещения во время выполнения операций. Рабочая зона организована на подмостях (поз.4), которые жестко закреплены на платформе посредством системы вертикальных труб (поз.5). Эти трубы обеспечивают прочность и устойчивость всей конструкции и служат опорой для подъемного механизма. Особенностью системы является

интегрированный в конструкцию легкий стреловой кран грузоподъемностью 0,1 т (поз.9) с лебедкой (поз.10), установленный в верхней части одной из опорных труб (поз.5), на телескопически вмонтированной трубе меньшего диаметра (поз.7).

Технологический процесс монтажа начинается с подъема монтируемой конструкции (поз.12). При помощи крюка стрелового крана рабочие стропят груз, после чего лебедка (поз.10) плавно поднимает его на необходимую высоту. Благодаря поворотному механизму рабочий может позиционировать конструкцию, перемещая ее над вилочным захватным приспособлением (поз.14) домкрата (поз.11). В исходном состоянии шток домкрата (поз.13) находится в крайнем нижнем положении, готовый к приему груза. Заключительный этап монтажа выполняется с помощью встроенной лебедки подъемника. При ее активации шток плавно выдвигается из направляющей трубы (поз.5), принимая на себя вес конструкции и обеспечивая ее точное позиционирование в зоне установки.

Уже запатентовано техническое усовершенствование инвентарных вышек-тур за счет установки на них съемных маломощных механизмов подъема в виде стрелового крана и механизма выталкивания груза при помощи ручных или электромеханических лебедок [2].

Практическую реализацию данное решение получило при проектировании технологии усиления железобетонных конструкций покрытия здания промышленного назначения в г. Симферополь путем использования для этого стальных шпренгельных конструкций (Рис.3) Вес такого элемента усиления оказался более 80 кг, а устанавливать его нужно было на высоте около 5 м, причем заводя в наклонном положении в предварительно подготовленные площадки-ниши [10].

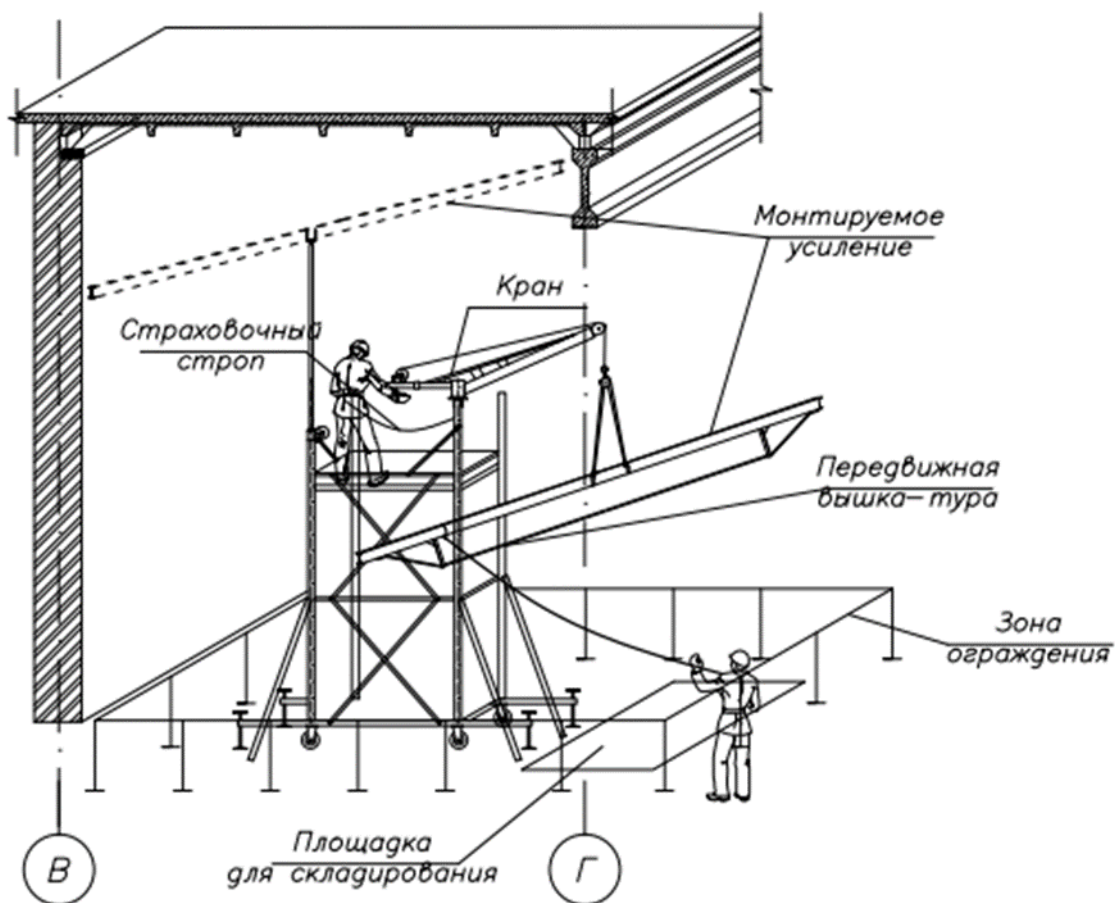


Рисунок. 3.5 – Организационно-технологическая схема безопасного монтажа стальной балки-шпренгеля для усиления железобетонных конструкций покрытия с использованием модернизированной вышки-туры

3.3.1 Потребность в материально-технических ресурсах

Состав бригады:

1. Плотники 3 чел
2. Каменщик 1 чел.
3. Штукатур 1 чел
4. Слесари 2 чел
5. Бетонщики 2 чел.
6. Такелажники 2 чел.
7. Монтажники 3 чел.

Таблица 3.2– Перечень механизмов, инструментов, приспособлений и инвентаря при усилении плит покрытия стальными балками

Наименование	Марка, № чертежа, ГОСТ	Количество, шт.
1	2	3
Кран подъемный	-	1
Перфоратор электрический	Bosch	1
Дрель электрическая	Bosch	
Отбойный молоток	-	1
Сварочный аппарат	ВД-306	1
Инвентарная опалубка	-	1
Дрель электрическая	Bosch	1
Нож строительный	-	1
Огнетушитель	ОП-4	1
Рейка контрольная	2 метра	1
Шпатель малярный	ЩД-45	1
Скребок металлический	-	1
Валик	-	1
Приспособление для шлифовки поверхностей	-	1
Очки солнцезащитные	ЗП2-84 ГОСТ 12.4.013-85Е	-

3.4 Калькуляция трудозатрат

Таблица 3.3 - Калькуляция трудозатрат и заработной платы на усиление плит покрытия стальными балками

№ п/п	Наименование работ	Единица измерения	Кол-во единиц измерения	Обоснование	Норма времени		Трудоёмкость		Состав звена	Средний разряд в звене	Зарплата, руб.
					чел.-час	маш.-час	чел.-час	маш.-час			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Монтаж подмостей с устройством рабочего настила	1 м ²	2,25	§ Е6-3, табл. 2	0,16	-	0,36	-	Плотник 4 р. – 1 2 р. – 2	2,66	146,68 руб.
2	Пробивка отверстий в каменной стене	1 м ³	0,135	§ Е20-1-2	2,1	-	0,284	-	Каменщик 3 р. – 1	3	119,71 руб.
3	Зачистка поверхности перед укладкой клеевой смеси	100 м ²	0,003	§ Е8-1-1	39,5	-	0,1185	-	Штукатур 2 р. – 1	2	45,76 руб.
4	Установка деревянной опалубки	1 м ²	1,12	§ Е4-1-34	0,62	-	0,69	-	Слесарь 4 р. – 1 3 р. – 1	3,5	66,69 руб.
5	Укладка бетонной смеси и выдержка бетона до набора 70% прочности	1 м ³	0,1	§ Е4-1-31	1,5	-	0,15	-	Бетонщик 4 р. – 1 2 р. – 1	3	63,243 руб.
6	Демонтаж опалубки	1 м ²	1,12	§ Е4-1-37	0,15	-	0,168	-	Слесарь 3 р. – 1 2 р. – 1	2,5	20,36 руб.
7	Подготовка, строповка и подача шпренгеля к месту установки	1 шт	18 шт 1,535	§ Е25-27	0,51	-	0,78	-	Такелажник 3 р. – 1 2 р. – 2	2,33	309,51 руб.
8	Монтаж шпренгеля	1 т	1,364	§ Е5-1-6	0,35	-	0,477	-	Монтажник	4	226,46

№ п/п	Наименование работ	Единица измере- ния	Кол-во единиц измере- ния	Обосно- вание	Норма времени		Трудоем- кость		Состав звена	Средний разряд в звене	Зарплата, руб.
					чел.- час	маш.- час	чел.- час	маш.- час			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
									5 р. – 1 4 р. – 1 3 р. – 1		руб.
9	Перестановка подмостей	1 м ²	27	§ Е6-3, табл. 2	0,12	-	3,24	-	Плотник 4 р. – 1 2 р. – 2	2,66	1 320,13 руб.
10	Разборка подмостей	1 м ²	2,25	§ Е6-3, табл. 2	0,12	-	0,27	-	Плотник 4 р. – 1 2 р. – 2	2,66	110,01 руб.
	Итого:										2 655,013 руб.

Средний разряд работы 3,0 - 421,62 руб. чел./час
чел./час

Средний разряд работы 2,5 - 403,90 руб.

Средний разряд работы 3,5 - 448,19 руб. чел./час
чел./час

Средний разряд работы 2,6 - 407,45 руб.

Средний разряд работы 4 - 474,76 руб. чел./час
чел./час

Средний разряд работы 2,3 - 396,82 руб.

Средний разряд работы 2 - 386,19 руб. чел./час

$$146,68 + 119,71 / 8 + 45,76 / 8 + 66,69 / 8 + 63,243 / 8 + 20,36 / 8 + 309,51 / (8 \times 2) + 226,46 / (2 \times 8) + 110,01 = 329,65$$

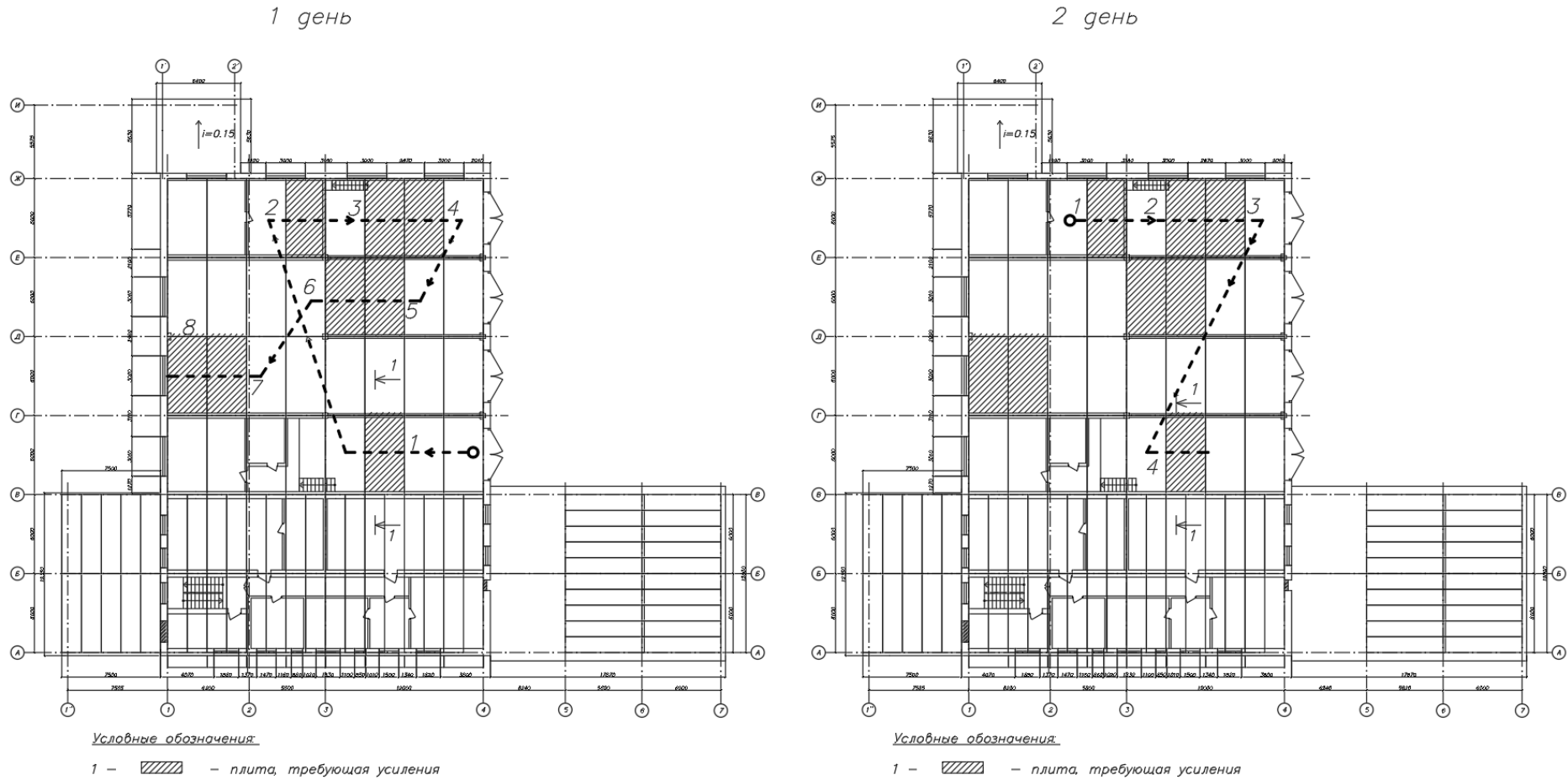


Рисунок 3.6 – Схема раскладки отбракованных плит покрытия и последовательность работ по их усилению шпренгелями в 1-й и 2-й день производства реконструкции

Подготовительным процессом, кроме изготовления самих стальных балок усиления, следует предусмотреть подготовку мест их установки на несущую кирпичную стену. Эти работы включают пробивку штрабы-ниш в стене, установку опалубки и бетонирования площадки опирания. Учитывая необходимость набора прочности бетона в этих площадках, работы рекомендовано начинать именно с этих участков несущих стен (см. рис. 2.1). Что и предусматривает разработанный почасовой график производства работ, представленный на рисунке 3.5.

В соответствии с этим графиком и расчетами, продолжительность работ по усилению 8-ми выделенных плит покрытия составила два неполных рабочих дня, их трудоемкость 7,84 чел.-час., и менее 1 чел.-часа на усиливаемую плиту. Заработная плата рабочих всего – 2 655 руб., в расчете на 1 плиту – 330 руб.

Считаем, что предложенная технология является конкурентоспособной, обеспечивающей безопасность как производства работ, так и последующей эксплуатации. Еще ощутимей эффект будет при сравнении с вариантом замены плит и снятия всех слоев кровельного «пирога». В нашем же случае, его можно заменить лишь частично с последующим полным восстановлением только верхних слоев гидроизоляции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Анализ состояния вопроса и предложений по усилению сборных железобетонных ребристых плит покрытия, отобранных по признакам предаварийного состояния на обследуемом объекте реконструкции промышленного назначения, позволил обоснованно разработать и запатентовать усовершенствованную конструкцию подкладочных шпренгельных элементов усиления, попарно располагаемых вблизи поврежденных продольных несущих ребер.

2. Представлена организационно-технологическая схема и возможные варианты оснащения для реализации модернизационных работ по усилению плит покрытия, позволяющие выполнить процессы подъема и установки элементов усиления средствами малой механизации, смонтированных на передвижных инвентарных лесах или подмостях без привлечения мощных грузоподъемных машин и механизмов.

3. Выполнено рабочее проектирование трудовых процессов предложенной технологии усиления плит покрытия с установлением и оценкой ее технико-экономической эффективности. Ожидаемая социально-экономическая эффективность предполагает сокращение трудоемкости и металлоемкости производства примерно на 10% по сравнению с альтернативной технологией усиления шпренгелями со стяжными резьбовыми муфтами, обеспечивая при этом снижение тяжести труда рабочих и безопасность производства модернизационных работ.

4. Уже запатентовано техническое усовершенствование инвентарных вышек-тур за счет установки на них съемных маломощных механизмов подъема в виде стрелового крана и механизма выталкивания груза при помощи ручных или электромеханических лебедок [2].

Практическую реализацию данное решение получило при проектировании технологии усиления железобетонных конструкций покрытия здания складского назначения в г. Симферополь путем использования для этого стальных шпренгельных конструкций. Вес такого элемента усиления оказался более 80 кг, причем устанавливать его нужно было на высоте около 5 м, заводя в наклонном положении в предварительно подготовленные площадки-ниши, учитывая относительную сложность производства работ, нами разработана инновационная технология, позволяющая минимизировать трудозатраты и стоимость работ [10].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Патент на полезную модель № 229723 U1 Российская Федерация, МПК E04C 3/10, E04G 23/02. Преднапряжённая стальная балка-шпренгель : № 2024121601 : заявл. 29.07.2024 : опубл. 23.10.2024 / А. Ю. Богуцкая, Ю. Г. Богуцкий, В. Т. Шаленный [и др.] ; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского". – EDN QTEYTX..

2. Патент на полезную модель № 235432 U1 Российская Федерация, МПК E04G 21/00. Устройство для производства работ на высоте : заявл. 24.03.2025 : опубл. 02.07.2025 / В. Т. Шаленный, А. Ю. Богуцкая, Д. А. Смазнов ; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского".

. Богуцкий, Ю. Г. Обследование и усиление плит покрытия производственного корпуса ООО "РОССНАБ" / Ю. Г. Богуцкий // Строительство и техногенная безопасность. – 2024. – № 33(85). – С. 31-39. – DOI 10.29039/2413-1873-2024-33-31-39. – EDN AEYNJX.

4. Патент на полезную модель № 190212 U1 Российская Федерация, МПК E04G 23/02, E04C 5/08. Конструкция усиления сборной железобетонной многопустотной плиты перекрытия: № 2019111368: заявл. 16.04.2019: опубл. 24.06.2019 / Д. Р. Маилян, П. А. Сербиновский, А. В. Сербиновский; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Донской государственный технический университет" (ДГТУ). – EDN TNLPZI.

5. Патент на полезную модель № 190218 U1 Российская Федерация, МПК E04C 5/08, E04G 23/02. Конструкция усиления железобетонной многопустотной плиты перекрытия: №2019111513: заявл. 17.04.2019: опубл. 24.06.2019 / Д. Р. Маилян, П. А. Сербиновский, А. В. Сербиновский; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Донской государственный технический университет" (ДГТУ). – EDN KLXFAX.

6. Кожемяка, С. В. выбор технологии усиления железобетонных плит перекрытия / С. В. Кожемяка, А. В. Крупенченко // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2021. – № 6(152). – С. 5-11. – EDN SVMYBY.

7. Пономаренко, А. А. Техничко-экономическое обоснование усиления железобетонных плит перекрытия композитными материалами / А. А. Пономаренко // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова : Материалы конференции, Белгород, 30 апреля – 20 2021 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. – С. 1615-1621. – EDN HGKCIQ.

8. Ильичев, А. Ф. методика оценки вариантов технологии производства строительно-монтажных работ / А. Ф. Ильичев, В. В. Таран, Д. Е. Бершадская // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2013. – № 6(104). – С. 19-24. – EDN ENIKSW

9. Югов, А. М. Сравнительный анализ схем монтажа стальных каркасов многоэтажных зданий / А. М. Югов, С. Д. Ветров. – Текст : электронный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2023. – Выпуск 2023-6(164) Технология, организация, механизация и геодезическое обеспечение строительства. – С. 26-34. – URL: [https://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2023/2023-6\(164\)/st_04_yugov_vetrov.pdf](https://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2023/2023-6(164)/st_04_yugov_vetrov.pdf) (дата обращения: 08.04.2025). – ISSN 2519-2817.

10. Богущкая, А. Ю. Технология усиления шестиметровых железобетонных ребристых плит покрытия стальными балками-шпренгелями оригинальной конструкции / А. Ю. Богущкая, В. А. Чаплыгин, В. Т. Шаленный // Строительство и техногенная безопасность. – 2025. – № 37(89). – С. 35-41. – EDN TPGJZY

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Технологическая карта

I-1 Установлено балки-шпильки

Схема раскладки отбросованных плит покрытия и последовательность работ по их усилению шпильками в 1-0 и 2-0 день производства реконструкции

Код	Сечение, мм	Длина, мм	Масса, кг			Примечание
			Брутто	Чистая	Масса	
1	100x100	6000	69	69	10	ГОСТ 20897-2004
2	100x100	2000	1,632	1,632	3,3	ГОСТ 20897-2004
3	100x100	5000	4,09	4,09	8,69	ГОСТ 20897-2004
4	100x100	800	0,76	0,76	1,6	ГОСТ 20897-2004
5	100x100	200	0,19	0,19	0,4	ГОСТ 20897-2004
6	100x100	200	0,19	0,19	0,4	ГОСТ 20897-2004
7	100x100	200	0,19	0,19	0,4	ГОСТ 20897-2004
8	100x100	200	0,19	0,19	0,4	ГОСТ 20897-2004
9	100x100	200	0,19	0,19	0,4	ГОСТ 20897-2004
10	100x100	200	0,19	0,19	0,4	ГОСТ 20897-2004

Спецификация стали на балку-шпильку