

На правах рукописи



Нестеренко Максим Алексеевич

**РАЦИОНАЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ НЕСУЩИХ РЕБЕР
СОВМЕЩЕННЫХ ПЛИТ НА ДЕРЕВЯННОМ КАРКАСЕ**

Специальность 2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Ростов-на-Дону 2026

Работа выполнена на кафедре «Строительные конструкции»
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Оренбургский государственный университет
имени В.А Бондаренко»

Научный руководитель: **Жаданов Виктор Иванович,**
доктор технических наук, профессор, заведующий
кафедрой строительных конструкций ФГБОУ ВО
«Оренбургский государственный университет
имени В.А. Бондаренко»

Официальные оппоненты: **Рощина Светлана Ивановна,**
доктор технических наук, профессор, заведующий
кафедрой «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО
«Владимирский государственный университет имени
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича
Столетовых»

Польской Петр Петрович
доктор технических наук, доцент, профессор
кафедры «Железобетонные и каменные
конструкции» ФГБОУ ВО «Донской
государственный технический университет»

Ведущая
организация: ФГБОУ ВО «Казанский государственный
энергетический университет», г. Казань

Защита состоится 25 сентября 2026 года в 13:00 на заседании диссертационного совета 24.2.297.02, созданного на базе Донского государственного технического университета, по адресу: 344022, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162, корп. 26, ауд. 306.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Донского государственного технического университета и на сайте <https://donstu.ru>.

Автореферат разослан «__» _____ 2026 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор технических наук, доцент



Сергей Анатольевич Стельмах

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследований. Развитие производственной базы клееных деревянных конструкций способствовало широкомасштабному применению в отечественном и зарубежном строительстве крупноразмерных плит на деревянном каркасе с основными элементами в виде несущих ребер и обшивок. Такие конструкции, сохраняя в себе все известные достоинства древесины как конструкционного материала, позволяют существенно сократить количество монтажных элементов и сроки строительства, упростить конструктивную схему здания, особенно при их применении как конструкций «на пролет» с опиранием на продольные стены или подстропильные элементы. Для достижения наибольшего экономического эффекта обшивки приклеивают к ребрам, вовлекая тем самым их в общую работу с каркасом на восприятие внешних нагрузок. В этом случае достигается эффект совмещения несущих и ограждающих функций, способствующий сокращению материалов на конструкцию. Особенно эффективными являются совмещенные конструкции плит с односторонней верхней обшивкой, которая выполняет как силовые, так и ограждающие функции.

Анализ известных конструктивных решений совмещенных плит на деревянном каркасе выявил ряд их существенных недостатков, связанных либо со значительной материалоемкостью, либо с повышенной стоимостью. При этом основная доля расхода материалов на плиты определяется материалоемкостью основных несущих ребер, которая составляет от 70% до 80% от общего расхода материалов на конструкцию. Включение обшивок в общую работу плит приводит к смещению нейтральной оси поперечного сечения вверх, из-за чего конструкционный материал в растянутой зоне работает с перенапряжением, а в сжатой зоне он недогружен. Это приводит к перерасходу древесины на несущие ребра. Не вызывает сомнения целесообразность применения для рассматриваемого класса конструкций несущих элементов, выполненных из разномодульных материалов (например, древесина в сочетании с металлом), однако такие разработки не внедрены в практику строительства.

В связи с этим представляется целесообразным разработать усовершенствованные конструкции несущих ребер, обеспечивающих снижение материалоемкости и стоимости рассматриваемого класса плит с сохранением их показателей прочности и жесткости.

Степень разработанности темы. Разработкой и исследованием плит на деревянном каркасе и конструкцией их несущих ребер занимались ведущие научно-исследовательские организации и ВУЗы, такие как ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, ЦНИИПромзданий, Гипронисельхоз, Южгипронисельхоз, Новосибирский филиал «Оргэнергостроя», СибЗНИИЭП, Ленинградский, Московский, Киевский, Красноярский, Новосибирский, Пензенский ИСИ. Значительный вклад внесен в развитие теории проектирования совмещенных конструкций Абовским Н.П., Быковским В.Н., Вдовиным В.М., Губенко А.Б., Дмитриевым П.А., Енджиевским Л.В., Жадановым В.И., Инжутовым И.С., Касаткиным В.Б., Ковальчуком Л.М., Колпаковым С.В., Лабудиным Б.В., Линьковым И.М., Мартинцом Д.В., Орловичем Р.Б., Пятикрестовским К.П., Светозаровой Е.И., Серовым Е.Н., Славиком Ю.Ю., Соколовским Б.С., Стояновым В.В., Стрижаковым Ю.Д., Турковским С.Б., Травушем В.И.,

Чистяковым А.М., а также Dutko P., Karman Ih., Kuhn E., Schroder E., Schnadel G., Thomas W., Johanson, K.

Из последних работ, посвященных изучению напряженно-деформированного состояния совмещенных плит на деревянном каркасе, в том числе несущих ребер, заслуживают внимания исследования В.П. Герасимова, Г.И. Гребенюка, В.И. Жаданова, И.С. Инжутова, Е.А. Кабанова, А.Г. Кондакова, Б.В. Лабудина, В.И. Мелехова.

Развитием конструкций, сочетающих разномодульные материалы (дерево и материалы на ее основе, металл, конструкционные пластмассы) занимались, кроме вышеперечисленных ученых, Бондин В.Ф., Ольков Я.И., Осипов Ю.К., Погадаев И.К., Погорельцев А.А., Рощина С.И., Тамплон Ф.Ф., Холопов И.С., Щуко В.Ю., разработки которых базировались на трудах таких известных ученых как Ааре И.И., Амбарцумян С.А., Блейх Ф., Броуде Б.М., Вольмир Д.С., Ворович И.И., Евстратов А.А., Ильюшин А.А., Каленов В.В., Лампси Б.Б., Лехницкий С.Г., Мельников Н.П., Папкович П.Ф., Рокки К., Ржаницын Р.Р., Тимашев С.А., Тимошенко С.П., Уманский А.А.

Цель работы: разработка и экспериментально-теоретические исследования рациональных конструкций несущих ребер совмещенных плит на деревянном каркасе с совершенствованием методики их расчета и конструирования.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие **задачи**:

- выполнить обзор и анализ известных конструктивных решений и технико-экономических показателей совмещенных плит на деревянном каркасе;
- разработать новые типы несущих ребер совмещенных плит, обеспечивающих снижение материалоемкости и стоимости как самих ребер, так и плит в целом;
- численными методами провести оценку напряженно-деформированного состояния предложенных типов ребер с учетом их конструктивных особенностей с последующей формулировкой основных положений теоретического и практического расчета;
- провести экспериментальные исследования опытных образцов ребер и совмещенных плит на их основе для оценки достоверности результатов численных исследований и изучения действительного характера работы предложенных конструктивных форм при действии кратковременных и длительных нагрузок;
- определить технико-экономическую эффективность применения предложенных рациональных конструкций несущих ребер в составе совмещенных плит;
- разработать рекомендации по проектированию, изготовлению и обеспечению долговечности совмещенных плит на деревянном каркасе с новыми конструкциями несущих ребер;
- подготовить предложения по внедрению результатов выполненной работы в строительную практику и учебный процесс.

Объект исследования – несущие ребра совмещенных плит на деревянном каркасе.

Предмет исследования – напряженно-деформированное состояние несущих ребер в составе каркаса совмещенных плит.

Научно-техническая гипотеза состоит в возможности снижения материалоемкости и стоимости в целом несущих ребер совмещенных плит на деревянном

каркасе за счет рационального распределения материала, как по длине, так и по высоте поперечного сечения конструкции, а также за счет применения для их изготовления разномодульных материалов.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- разработаны новые рациональные конструктивные решения несущих ребер совмещенных плит на деревянном каркасе;
- установлены закономерности влияния геометрических и физико-механических параметров несущих ребер на их напряженно-деформированное состояние и на работу совмещенных плит в целом;
- получены новые экспериментальные данные, служащие подтверждением адекватности примененных теоретических методов расчета и результатов численных исследований, а также отражающие действительную работу предложенных типов ребер при действии проектных нагрузок;
- предложены рекомендации по проектированию, изготовлению и обеспечению долговечности совмещенных плит с новыми типами конструкций несущих ребер.

Теоретическая значимость работы:

- доказана возможность рационализации конструкций несущих ребер совмещенных плит на деревянном каркасе за счет рационального распределения материала, как по длине, так и по высоте поперечного сечения конструкции, а также за счет применения разномодульных материалов;
- усовершенствована аналитическая методика расчета несущих ребер совмещенных плит с учетом их конструктивных особенностей с определением их несущей способности и деформативности;
- изучены закономерности влияния геометрических и физико-механических параметров несущих ребер на их напряженно-деформированное состояние и на работу совмещенных плит в целом;
- модернизированы алгоритмы расчета совмещенных плит с предложенными типами несущих ребер, выведены и доказаны экспериментально-теоретические аппроксимационные формулы, учитывающие влияние конструктивных особенностей ребер на их напряженно-деформированное состояние;
- предложена инженерная методика расчета с определением рациональных параметров несущих ребер совмещенных плит на деревянном каркасе.

Практическая ценность работы заключается:

- в разработке новых типов несущих ребер совмещенных плит на деревянном каркасе, включающей выполнение альбомов рабочих чертежей;
- в создании инженерного метода расчета предлагаемых типов несущих ребер, а также рекомендаций по их проектированию, изготовлению и обеспечению долговечности;
- в повышении технико-экономических показателей совмещенных плит на основе древесины и древесных материалов при применении разработанных типов несущих ребер по сравнению с известными аналогами за счет рациональности конструктивной формы и применения в ребрах разномодульных материалов.

Методология и методы исследования. В диссертационной работе используется экспериментально-теоретический метод. В теоретических исследованиях

использованы общие методы строительной механики и теории расчета конструкций, выполненных на основе древесины и древесных материалов, в том числе с применением разномодульных материалов. Физический эксперимент выполнен с использованием современного аттестованного измерительно-вычислительного оборудования в испытательном центре «Оренбургстройиспытания», а также в лаборатории проблемных испытаний Оренбургского государственного университета, что обеспечило необходимую достоверность полученных результатов.

Внедрение результатов работы:

- предложенные совмещенные плиты с новыми типами несущих ребер нашли применение в проектах: малоэтажных жилых домов, зданий и сооружений сельскохозяйственного назначения, складов и стоянок, реконструкции зданий путем их надстройки;

- рабочие чертежи разработанных совмещенных плит с новыми типами несущих ребер переданы по запросам в строительные организации и проектные институты: ООО «СтройТехЭкспертПроект» (г. Новосибирск), ООО «МОНЗА» (г. Вологда), ООО «СИБНИПИ «НАСЛЕДИЕ»» (г. Иркутск), ООО «Альтитуда» (г. Оренбург), ООО НПП «Промтехнология» (г. Оренбург);

- материалы исследований внедрены в разделы курсов «Конструкции из дерева и пластмасс» и «Деревянные конструкции для малоэтажного строительства», которые читаются студентам по направлению подготовки 08.03.01 Строительство по профилю «Промышленное и гражданское строительство»; в разделы курса «Индустриальные деревянные конструкции для малоэтажного строительства» для студентов по направлению подготовки 08.04.01 Строительство по профилю «Теория и проектирование зданий и сооружений» Оренбургского государственного университета и Сибстрин (г. Новосибирск).

На защиту выносятся:

- новые рациональные конструктивные решения несущих ребер совмещенных плит на деревянном каркасе;

- данные, полученные при исследовании численными методами напряженно-деформированного состояния предложенных типов ребер с учетом их конструктивных особенностей;

- результаты экспериментальных исследований опытных образцов ребер, работающих в составе совмещенных плит, при действии кратковременных и длительных нагрузок;

- методика расчета предложенных новых типов несущих ребер с учетом их конструктивных особенностей;

- результаты технико-экономической оценки применения предложенных рациональных конструкций несущих ребер в составе совмещенных плит;

- рекомендации по проектированию, изготовлению и обеспечению долговечности совмещенных плит на деревянном каркасе с новыми типами конструкций несущих ребер.

Апробация работы. Результаты диссертационной работы были доложены и обсуждены:

- на V и VII всероссийских студенческих конференциях Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России. Часть 5: Инновации в строительстве, природообустройстве и техносферной безопасности», г. Йошкар-Ола, 2019 г., 2021 г.;
- на всероссийских научно-методических конференциях «Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры», г. Оренбург, 2020 г., 2021 г., 2022 г., 2023 г., 2024 г., 2025 г.;
- на международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития строительного комплекса», г. Волгоград, 2021 г.;
- на всероссийской научно-технической конференции «Традиции и инновации в строительстве и архитектуре», г. Самара, 2023 г.;
- на X международной научно-практической конференции «Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт», г. Тамбов, 2024 г.;
- на международном научно-техническом симпозиуме «Серовские чтения», г. Санкт-Петербург, 2025 г.;
- на XVIII международной научно-технической конференции «Актуальные вопросы архитектуры и строительства», г. Новосибирск, 2025 г.;
- на III и VI международных научно-технических конференциях «Физика материалов, конструкции и технологии в строительстве и промышленной инженерии» (МРСРЕ), г. Владимир, 2022 г., 2025 г.;
- на международной научно-практической конференции «Инженерные технологии: традиции, инновации, векторы развития», приуроченной 35-летию Российской инженерной академии, г. Абакан, 2025 г.

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 28 печатных работах, в том числе 4 статьи в журналах, включенных в перечень ВАК РФ, 3 статьи в изданиях, включенных в международную базу данных SCOPUS, получен 1 патент на изобретение и 1 патент на полезную модель.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, основных выводов, списка использованных источников из 171 наименования и приложения. Общий объем работы 201 страница текста, в том числе 77 рисунков, 15 таблиц, 9 страниц приложения.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы исследований, дана краткая характеристика состояния вопроса, сформулированы цель и задачи работы, отмечены сведения, составляющие научную новизну и практическую значимость исследований.

В первой главе дана общая характеристика совмещенных плит на деревянном каркасе. Приведен краткий исторический обзор этапов развития панельных конструкций, выполненных на основе древесины. Выполнен критический анализ известных конструктивных решений с различными типами несущих ребер.

На основе выполненного анализа теоретических и экспериментальных работ, посвященных исследованию напряженно-деформированного состояния совмещенных плит и их несущих ребер, определены рабочие гипотезы, направленные на дальнейшее совершенствование рассматриваемого класса конструкций.

Рабочая гипотеза №1: в несущих ребрах двутаврового или коробчатого сечений целесообразно принять пояса разной площади и выполнять разрывы стенок по длине ребер на наименее напряженных участках, что позволит эффективно включать применяемый материал в общую работу плит.

Рабочая гипотеза №2: применение в качестве несущих ребер крупноразмерных плит конструкций, сочетающих в себе разномодульные материалы, позволит получить существенный эффект в технико-экономических показателях.

Разработкам новых типов рациональных конструкций несущих ребер совмещенных плит посвящена **вторая глава диссертации**. При разработке автор исходил из целесообразности и необходимости: проектировать плиты, состоящие из материалов, качество и параметры которых оговариваются государственными стандартами; руководствоваться принципом упрощения конструктивной формой при одновременном уменьшении общей массы конструкции; добиваться высокой технологичности и максимальной заводской готовности конструкций.

Разработанные крупноразмерные совмещенные плиты с новыми типами несущих ребер предназначены для использования в покрытиях зданий как конструкции «на пролет» с опиранием на продольные стены или подстропильные элементы. Предложенные конструктивные формы плит состоят из двух основных несущих ребер 1, выполненных в виде клеефанерных или деревометаллических балок с продольными верхним 2 и нижним 3 поясами и ребрами жесткости 4 из цельной или клееной древесины, диафрагм жесткости 5, ограждающих щитов, в состав которых входят: обшивка 6, соединенная на клею с ребрами 1, обрамляющие 7 и вспомогательные 8 ребра, утеплитель 9, пароизоляция 10, гидроизоляция 11 (цифровые обозначения соответствуют рисункам 1 и 2). За счет жесткого соединения ограждающих щитов и несущих ребер обеспечивается их совместная работа, что влечет за собой увеличение геометрических характеристик расчетных поперечных сечений и, как следствие, позволяет снизить расход материалов.

Особенностью защищаемых рациональных конструкций клеефанерных несущих ребер является то, что они выполнены в виде балок двутаврового или коробчатого сечения с прерывистыми фанерными стенками и с деревянными поясами различной площади (рисунок 1). Предложенный тип ребер включает деревянные верхний 2 и нижний 3 пояса, поперечные ребра жесткости 4 и фанерные стенки 12, прерывистые по длине плиты. Эффективное расположение нейтральной оси поперечного сечения обеспечивается за счет того, что пояса несущих ребер одинаковой ширины имеют разную площадь, при этом площадь верхнего пояса составляет 0,35-0,65 от площади нижнего пояса (по результатам выполненных расчетов). Кроме этого, на участках несущих ребер без стенок к нижней грани верхнего пояса и к верхней грани нижнего пояса жестко присоединены дополнительные деревянные накладки 13, компенсирующие отсутствие стенок.

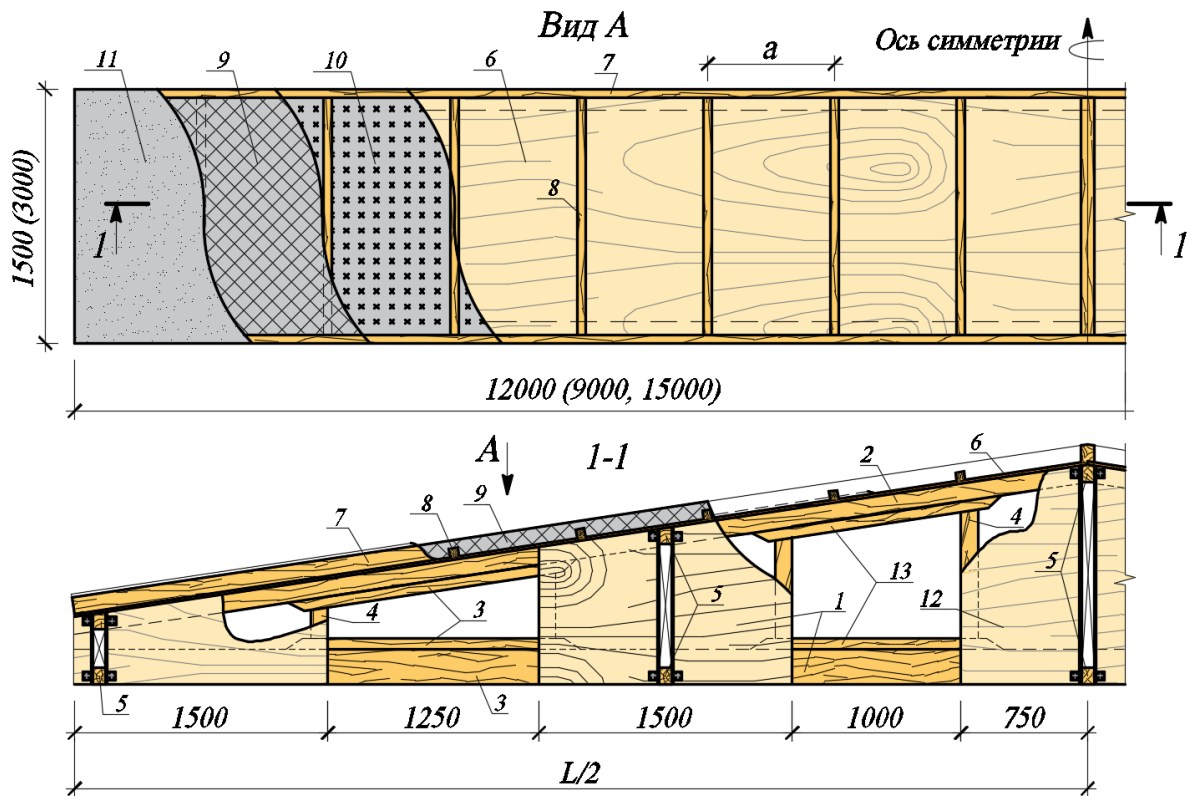


Рисунок 1 – Двускатная клеефанерная плита 1,5х12,0м с несущими ребрами коробчатого сечения с прерывистой стенкой

Разработанная конструкция работает следующим образом. При действии вертикальной нагрузки происходит поперечный изгиб клеефанерной плиты, при этом возникающие нормальные напряжения за счет жестких соединений воспринимаются верхним и нижним деревянными поясами продольных несущих ребер, стенкой, обшивкой и продольными обрамляющими ребрами. За счет уменьшенной площади поперечного сечения верхнего пояса и увеличенной на эту величину площади поперечного сечения нижнего пояса (при условии одинакового расхода материала на пояса) местоположение нейтральной оси поперечного сечения плиты будет обеспечивать максимальные нормальные растягивающие и сжимающие напряжения в рассматриваемых сечениях, величины которых будут практически равны соответствующим расчётным сопротивлениям, в отличие от традиционного решения ребер с поясами одинаковой площади, у которых нейтральная ось поперечного сечения сместится вверх за счет включения обшивки и продольных обрамляющих ребер в общую работу плиты. Соответственно в разработанной конструкции уменьшится расстояние от нейтральной оси до нижней грани продольных несущих ребер, расстояние от центра поперечного сечения обшивки и обрамляющих ребер увеличивается, что приводит к увеличению геометрических характеристик клеефанерной плиты, а также к существенному снижению расчетных растягивающих напряжений по её нижней грани. За счет этого эффекта в разработанной конструкции достигается повышение несущей способности и жесткости при условии одинаковой материалоемкости в сравнении с традиционными плитами или сокращение расхода материала на клеефанерную плиту в целом при фиксированном значении расчетной или нормативной нагрузок.

Приведенный момент инерции расчётных поперечных сечений $J_{пр}$ относительно их нейтральной оси в разработанной плите на участках с фанерной стенкой может быть определен как:

$$J_{пр} = J_{о.р}^{пр} + J_{в.о} \cdot n \cdot k_{ф} + J_{в.р} \cdot k_{в.р} , \quad (1)$$

где $J_{о.р}^{пр}$ – приведенный к древесине момент инерции клеефанерных ребер;

$J_{в.о}$ – момент инерции верхней обшивки, приведенный к древесине;

$J_{в.р}$ – момент инерции продольно ориентированных обрамляющих и вспомогательных ребер (при поперечной ориентации этих ребер $J_{в.р} = 0$;

$n = E_{ф}/E_{д}$ – коэффициент приведения фанеры к древесине;

$k_{ф}, k_{в.р}$ – редуцированные коэффициенты, учитывающие неравномерный характер распределения напряжений в обшивке и вспомогательных ребрах по ширине поперечного сечения.

На участках без фанерной стенки в опасных поперечных сечениях приведенный момент инерции $J_{пр}$ определяем по аналогичной формуле без учета наличия стенки, но при увеличенной площади верхнего и нижнего поясов за счет дополнительных деревянных накладок. С использованием формулы (1) также можно определить необходимую площадь этих накладок из условия выполнения условия обеспечения требуемой степени прочности плиты по нормальным напряжениям.

Сравнение с аналогами, имеющими сплошную стенку и пояса равной площади, показывает существенное снижение материалоемкости. По рабочим чертежам расход фанеры сокращается до 40%, а расход древесины – на 7-9%. Технологические параметры ребер легко унифицируются, а их сборка возможна на действующих производственных линиях без серьезной переоснастки. В таблице 1 приведен расход материалов на разработанные плиты с клеефанерными ребрами.

Таблица 1. Расход основных материалов на разработанные конструкции

Тип конструкции	Древесина, м ³		Фанера, м ³	
	на плиту	на 1 м ²	на плиту	на 1 м ²
Плита 1,5х9м с двумя обшивками (с постоянной высотой сечения)	1,101	0,082	0,464	0,034
	0,882	0,065	0,108	0,008
Плита 1,5х9м с одной обшивкой (с постоянной высотой сечения)	0,673	0,050	0,276	0,020
	0,421	0,031	0,108	0,008
Плита 1,5х12м двускатная с односторонней обшивкой	0,541	0,030	0,390	0,022
	0,303	0,017	0,137	0,008
Плита 3,0х12м двускатная с односторонней обшивкой	0,893	0,025	0,408	0,011
	0,596	0,017	0,137	0,004
Плита 3,0х12м со сплошными стенками и поясами ребер одинаковой площади (аналог)	1,037	0,029	0,498	0,014
	0,696	0,019	0,227	0,006

Примечания. 1. В числителе указан общий расход на конструкцию, в знаменателе – расход на основные несущие ребра. 2. Конструкции плит рассчитаны на расчетную нагрузку 6,2 кН/м².

Особенностью армированных деревометаллических несущих ребер является стенка из стального профилированного листа 13 с гофрами, ориентированными вдоль поясов, и вклеенные в массив древесины поясов стальные армирующие элементы 14, к которым профилированный лист крепится механическими связями по плоскости «металл-металл» (рисунок 2). Пояса выполняются разной площади и имеют различный процент армирования, что также нивелирует, по аналогии с клефанерными ребрами, смещение нейтральной оси, вызванное участием верхней обшивки и вспомогательных ребер в общей работе плиты.

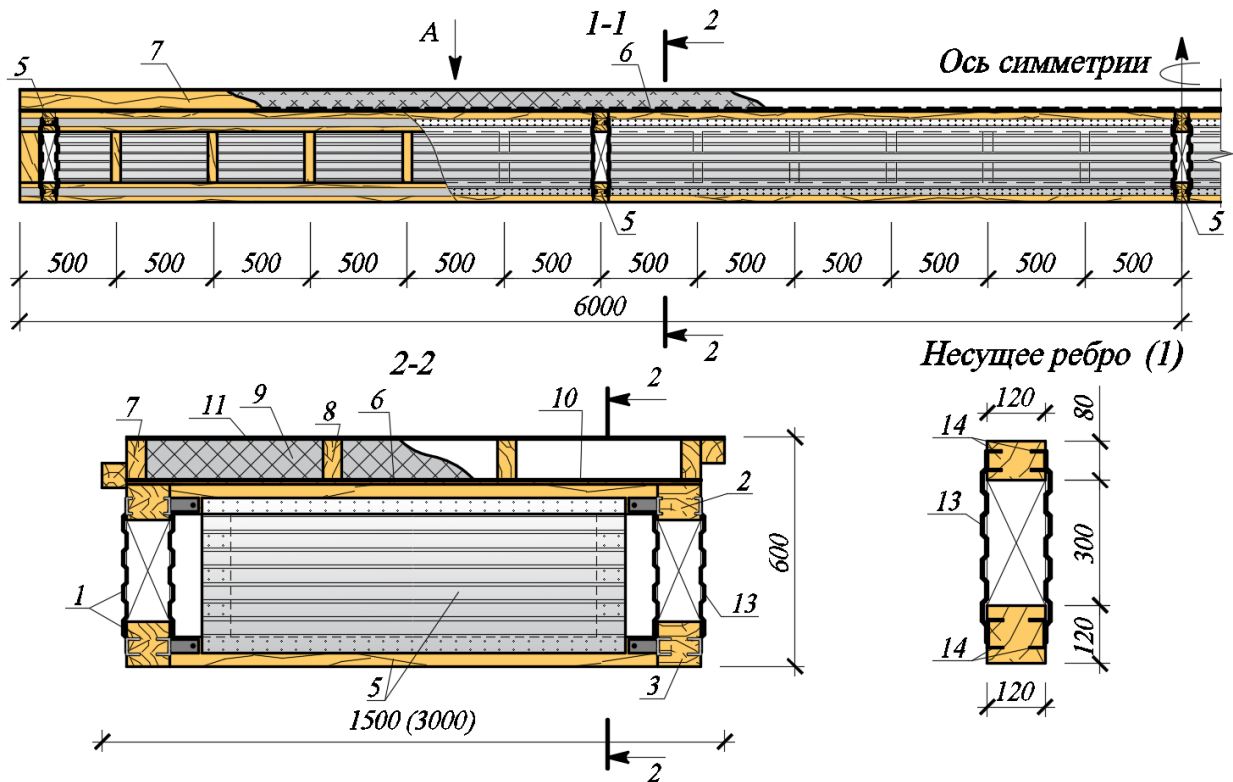


Рисунок 2 – Совмещенная плита 1,5х12,0м с несущими армированными деревометаллическими ребрами

При действии внешних нагрузок в общей работе предложенной плиты за счет жестких клеевых соединений и продольной ориентации гофров стенок участвуют деревянные пояса несущих ребер, стальные стенки и армирующие пояса элементы, фанерная обшивка и продольно ориентированные вспомогательные ребра. Приведенный момент инерции поперечного сечения такой конструкции $J_{пр}$ относительно нейтральной оси может быть определен как:

$$J_{пр} = J_{п} + J_{ст} \frac{E_{ст}}{E_{д}} + (J_{в.арм} + J_{н.арм}) \frac{E_{арм}}{E_{д}} + J_{ф} \frac{E_{ф}}{E_{д}} + J_{в.р} , \quad (2)$$

где $J_{п}$, $J_{ст}$, $J_{в.арм}$, $J_{н.арм}$, $J_{ф}$, $J_{в.р}$ – суммарные моменты инерции поясов, стенки, армирующих элементов верхнего и нижнего поясов, фанерной обшивки, вспомогательных ребер соответственно;

$E_{д}$, $E_{ст}$, $E_{арм}$, $E_{ф}$ – модули упругости древесины, стальных стенок, армирующих элементов, фанеры соответственно.

При разработке вариантов армирования поясов был учтен ряд общих требований: обеспечение плоскости для размещения двух горизонтальных рядов механических элементов крепления стальных стенок; площадь армирования принята в пределах 2-4 % от площади пояса; размеры пазов для вклейки должны превышать размеры вклеиваемой части армирующих элементов на 3–4 мм для формирования клеевой прослойки-демпфера при температурно-влажностных деформациях.

По сравнению с аналогичными ребрами без армирования достигнуто увеличение расчетных геометрических характеристик поперечного сечения до 35%. При сохранении требуемой несущей способности такое решение дает снижение общего расхода материалов на несущие ребра на 21-28% в зависимости от пролета и нагрузки. Конструкция технологична, допускает изготовление на стандартном оборудовании и обеспечивает существенный экономический эффект при строительстве на слабых грунтах, в сейсмических районах и при возведении быстровозводимых зданий.

В качестве механических связей для крепления стенки к деревянным поясам при проведении опытно-конструкторских разработок приняты самонарезающие винты. Весьма рациональным может оказаться применение для такого соединения и других типов соединения, например, дюбель-гвоздей с пороховым зарядом, пробивающих сталь толщиной до 3 мм и забиваемых с помощью монтажного пистолета. Заслуживает внимания предложенный и запатентованный автором способ крепления стенки к поясам при помощи П-образных металлических профилей с зубчатыми полками, которые соединяют со стенкой с помощью точечной сварки и запрессовывают в деревянный массив поясов, по аналогии с технологией запрессовки металлическими зубчатыми пластинами (МЗП). Проведенные «пилотные» эксперименты подтвердили техническую возможность применения таких соединений в рассматриваемых узлах крепления стенки к поясам.

Расход основных материалов на разработанные конструкции плит с дерево-металлическими ребрами для условий строительства в VIII снеговом районе, приведен в таблице 2.

Таблица 2. Расход основных материалов на разработанные конструкции плит с деревометаллическими ребрами

Тип конструкции	Древесина, м ³	Фанера, м ³	Металл, кг	Профлист, м ²
Плита 1,5х12м с двумя обшивками	1,054	0,480	142,7	30,12
	0,059	0,027	7,9	1,67
Плита 1,5х12м с одной обшивкой	0,964	0,216	223,5	30,12
	0,054	0,012	12,4	1,67
Плита 1,5х12м с ребрами без армирования (аналог)	1,571	0,216	12,5	38,22
	0,087	0,012	0,7	2,12
Плита 3,0х12м с одной обшивкой	1,862	0,432	389,3	46,08
	0,052	0,012	10,8	1,28

Примечания. 1. В числителе указан расход материалов на плиту, в знаменателе - расход на 1 м² конструкции. 2. Конструкции плит рассчитаны на расчетную нагрузку 6,2 кН/м².

Особенности напряженно-деформированного состояния разработанных типов ребер явились предметом аналитических расчетов и численных исследований, приведенных в третьей главе. Исследования ориентированы на плиты с двумя несущими ребрами как наиболее рациональные. С учетом симметрии расчетная схема сводится к тавровому сечению (одно ребро и половина ограждающей части) с приведенной шириной обшивки. При двусторонней обшивке одинаковой толщины ее можно не моделировать без потери точности расчетов. Цель исследований – подтверждение рабочих гипотез, оценка НДС предложенных ребер и разработка практических рекомендаций по корректировке существующих нормативных методик расчета.

Применение клеефанерных балок с прерывистой стенкой в качестве несущих ребер вызывает определенные сложности при расчете по деформациям. Существующие нормативные методики не учитывают переменность геометрических характеристик сечения на участках без стенки, что приводит к значительным погрешностям при определении прогибов. Для теоретического определения деформаций использована формула Мора, преобразованная с учетом добавления деформаций от изгиба поясов на участках без фанеры:

$$\Delta_i = \sum_{k=1}^{2n} \int_{a_k} \frac{M(x) \cdot \bar{M}(x)}{EJ(x)} dx + \sum_{k=1}^{2n} \int_{a_k} \frac{\mu Q(x) \cdot \bar{Q}(x)}{GA(x)} dx + \Delta_i^A. \quad (3)$$

Последнее слагаемое представляет собой деформацию секции без подкрепления фанерой за счет действия поперечных сил. Её можно определить, применив, например, метод перемещений для отдельной секции, тогда:

$$\Delta_i^A = \frac{Q_i l_i^3}{12EJ}, \quad (4)$$

где Q_i, l_i – значения поперечных сил и длины рассматриваемых участков без фанерной стенки соответственно.

При вычислении второго интеграла использовался метод Виренделя для расчета безраскосных ферм. Это позволило учесть перемещения от неравномерности распределения касательных напряжений по высоте стенки на участках, подкрепленных фанерой.

Для практических рекомендаций по конструированию клеефанерных балок с прерывистой стенкой целесообразно установить зависимость между изменением прогиба и площади подкрепления фанерой. Для определения этой зависимости используем величину относительной площади заполнения (доля заполнения) стенки фанерой $A_{б.ф}^*$, равную отношению площади стенки, подкрепленной фанерой $A_{б.ф}$ к общей площади стенки $A_б$: $A_{б.ф}^* = \frac{A_{б.ф}}{A_б}$. (5)

По аналогии относительный прогиб f^* будет равен:

$$f^* = \frac{f_\phi}{f}, \quad (6)$$

где f_ϕ и f – прогибы балки при частичном и полном заполнении стенок.

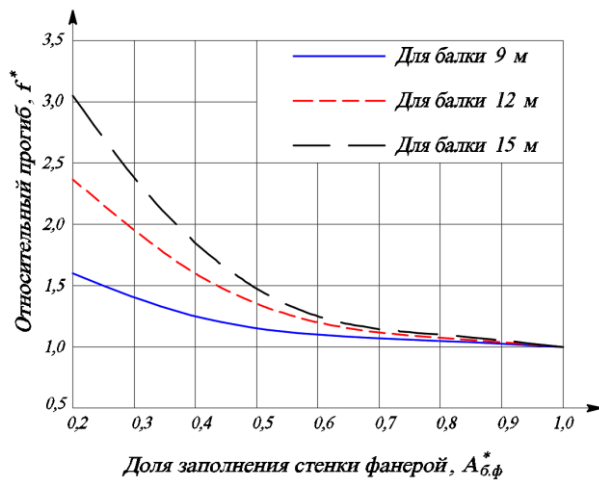


Рисунок 3 – Изменение относительного прогиба балки в зависимости от доли заполнения стенки фанерой

На рисунке 3 представлена зависимость относительных прогибов балки от относительной площади заполнения стенки фанерой, при этом, длины участков, подкрепленных фанерой, принимали с соблюдением конструктивных требований. Как видно из графика (рисунок 3), при относительной площади заполнения стенки $A_{б.ф}^*$, равной 0,6 (или 60%), влияние наличия проемов на прогиб балки минимально и, соответственно, эту величину рекомендуется считать предельной при проектировании рассматриваемого класса конструкций.

Для практических расчетов предложен аппроксимирующий полином второй степени, позволяющий выразить прогиб балки с частичным заполнением стенки f_{ϕ} через прогиб балки с полным заполнением f :

$$f_{\phi} = k_1 (A_{б.ф}^* (A_{б.ф}^* - 1,73) + k_2) f \quad (7)$$

Определенные в результате расчетов значения коэффициентов k_1 и k_2 в формуле (7) в зависимости от пролетов балок приведены в таблице 3.

Таблица 3. Значения коэффициентов k_1 и k_2 для определения прогибов балки с прерывистой стенкой

Пролет балки, м	k_1	k_2
9	1,38	1,47
12	2,91	1,10
15	4,80	0,92

Также для исследования напряженно-деформированного состояния клеефанерных ребер с прерывистой стенкой была разработана численная модель в ПК Лири 10.12. Для подтверждения адекватности разработанной модели ее параметры были приняты полностью аналогичными экспериментальной конструкции. Также моделировались конструкции ребер пролетом 9, 12 и 15 м. Модели формировались по плоской расчетной схеме: пояса моделировали стержневыми конечными элементами, стенки – пластинчатыми. Максимальный прогиб по модели составил 8,05 мм (рисунок 4), экспериментальное – 8,32 мм; расхождение не превысило 3,8%, что подтверждает адекватность разработанной модели. Кроме этого, получены картины распределения главных и касательных напряжений в стенке, позволяющие констатировать, что при расчете предложенных типов ребер проверка стенки в опасном сечении на совместное действие нормальных растягивающих и касательных напряжений, предусмотренная СП 64.13330.2017 для всех рассмотренных вариантов, выполняется с запасом не менее 32%.

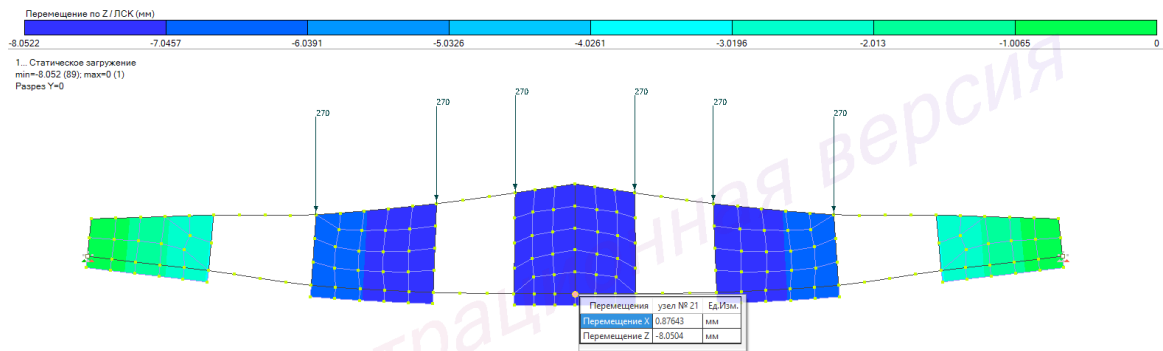


Рисунок 4 – Характер деформирования ребра пролетом 3,95 м и его прогибы

По аналогии с клефанерными, расчету подлежали деревометаллические ребра с армированными поясами и стенкой из стальных профилированных листов, работающие в составе совмещенной крупноразмерной плиты с параметрами экспериментальной конструкции. Для расчета деревометаллического ребра с параметрами экспериментальной конструкции использовался программный комплекс ARM WinMachine. Расчет модели выполнен на нагрузку 13,23 кН/м, соответствующую расчетной нагрузке на экспериментальную конструкцию.

Численный анализ деревометаллического ребра показал, что стальная стенка с продольной ориентацией гофров полноценно участвует в работе конструкции, а податливость соединения практически отсутствует. В отличие от известных аналогов, снижающий коэффициент учета податливости связей принят равным 1, что увеличивает степень участия стенки на 15–20% и снижает материалоемкость. Расхождение расчетных и экспериментальных нормальных напряжений составило 2–9%, что можно считать удовлетворительным результатом. Максимальный прогиб по численной модели – 5,35 мм, экспериментальный – 5,61 мм. С другой стороны, расчет прогибов по нормативной методике СП дал расхождение 39,9%. Это объясняется локальными деформациями стенок и полок гофров, которые приводят к увеличению общей деформативности конструкции. В связи с этим для инженерных расчетов, по аналогии с деревянными балками составного сечения, предложено определять прогибы с коэффициентом $k_{ж}$, величина которого определяется численными или экспериментальными методами.

Особенностью деревометаллических ребер является стенка из тонких профилированных листов, которая требует расчета на устойчивость. В результате проведенных исследований адаптирована методика расчета жесткости диафрагм из стального профилированного настила применительно к разработанным ребрам, работающим на поперечный изгиб. Суть расчета – сравнение максимального сдвигающего усилия в расчетном отсеке с предельно допустимой сдвиговой жесткостью этого отсека.

В рамках решения этой задачи проведены экспериментальные исследования отсеков-эталонов. Выявлено, что замена стенки из профилированного листа толщиной 0,7 мм увеличивает сдвиговую жесткость в 1,7 раза, обеспечивая эффективную работу материалов. Профлист с высотой гофра 21 мм дает незначительный прирост жесткости на 8,5%, но увеличивает сдвиг поясов относительно друг друга на 42% по сравнению с типом С-10, что снижает коэффициент $k_{ж}$. Результаты приведены в таблице 4.

Таблица 4. Экспериментальные величины сдвиговой жесткости отсеков-эталонов со стенкой из профилированных листов

Тип профлиста	Толщина профлиста, δ , мм	Сдвиговая жесткость C_o , кН
С-10	0,5	28,1
	0,7	47,7
С-21	0,5	30,9
	0,7	51,1

Методика и анализ результатов экспериментальных исследований предложенных типов ребер приведены в **четвертой главе**. Исследования **клеефанерных** ребер проведены на двух одинаковых образцах с прерывистой фанерной стенкой, имитирующих работу в составе совмещенных плит покрытия с односторонней верхней обшивкой. Для этого к верхней грани ребра приклеен фанерный щит из обшивки, обрамляющих и поперечных ребер. В процессе сборки в условиях обычной столярной мастерской подтверждена технологичность и простота изготовления предложенного технического решения.

Опытное клеефанерное ребро представляло собой однопролетную балку с шарнирным опиранием, пространственное раскрепление обеспечивалось прижимными планками (рисунок 5). Испытания проведены с контролем прогибов в середине и третях пролета, осадок опор, деформаций фанерных стенок, изменения длины пролета, а также тензометрированием деревянных поясов, фанерных стенок и обшивки при помощи тензометрической системы ММТС-64.01. Нагрузка передавалась гидравлическими домкратами через траверсы, контроль усилия осуществлялся динамометром ДОС-5 и манометром на насосной станции.



Рисунок 5 – Опытная конструкция, подготовленная к испытаниям

Испытания двух клеефанерных ребер показали идентичные результаты. При расчетной нагрузке прогиб в середине пролета составил 8,3 мм, при нормативной – 6,1 мм. Рост прогибов и напряжений был пропорционален нагрузке вплоть

до 1,4 расчетной нагрузки $P_{расч}$. Теоретический прогиб по модели в Лире отличается от экспериментального на 3,2%, подтверждая адекватность разработанной численной модели. Характер распределения нормальных напряжений соответствует теории поперечного изгиба (рисунок 6). Благодаря поясам разной площади нейтральная ось смещена в середину сечения, что снизило напряжения в растянутом нижнем поясе на 24% по сравнению с равнопоясным аналогом (с 9,3 МПа до 7,08 МПа). Расхождение теоретических и экспериментальных напряжений в контролируемых точках не превысило 7,6%, а прогибов с учетом определенного коэффициента заполнения стенки 3,3%.

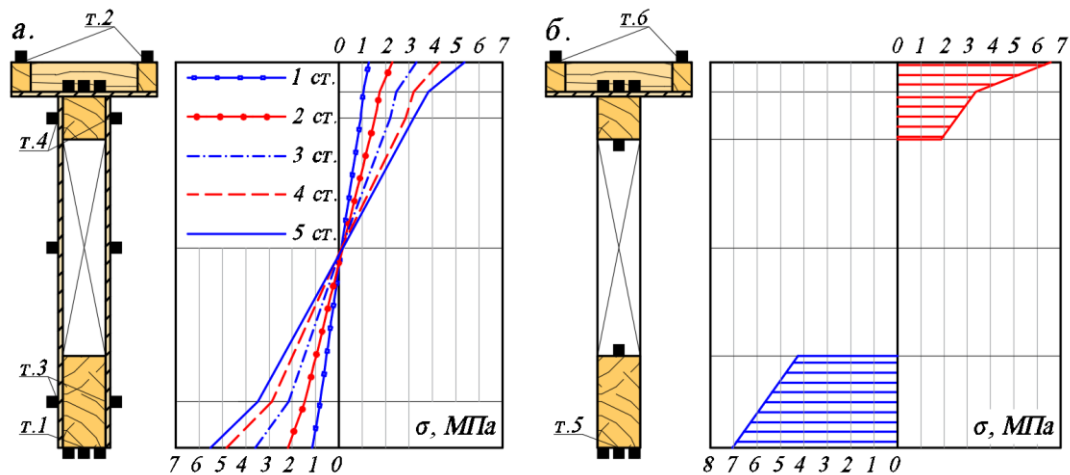


Рисунок 6 – Характер распределения нормальных напряжений в расчетном сечении на участке с фанерной стенкой по ступеням (а) и в опасном сечении без стенки при расчетной нагрузке (б)

Экспериментальный образец деревометаллического ребра с армированными поясами имитировал работу в составе совмещенной плиты с верхней и нижней обшивками равной толщины. Изготовлено также два идентичных ребра: одно испытано до расчетной нагрузки (трехкратно), затем доведено до разрушения, второе исследовано на действие нормативной длительной нагрузки. Подготовленная к испытаниям конструкция представлена на рисунке 7. Для оценки НДС деревометаллических ребер контролировали прогибы, осадки опор, отклонения стенок от вертикали, сдвиг стенок относительно верхнего пояса, а также напряжения в поясах и профилированной стенке (рисунок 8).



Рисунок 7 – Деревометаллическое ребро, подготовленное к испытаниям

На каждом ребре установлено 14 тензорезисторов, 7 прогибомеров, 28 индикаторов с ценой деления 0,01 мм и 3 индикатора с ценой деления 0,001 мм.

При нормативной нагрузке прогиб в середине пролета составил 4,2 мм, при расчетной – 5,6 мм. Пропорциональный рост деформаций нарушился, когда началась потеря устойчивости стенки. Сдвиг стенки относительно поясов при расчетной нагрузке составил всего 0,002 мм, что позволяет считать соединение жестким и не учитывать податливость в практических расчетах. Экспериментальный прогиб на 4% отличается от численного расчета, подтверждая адекватность разработанной модели. Экспериментально доказана возможность рассмотрения разработанных типов деревометаллических ребер как балок составного сечения с введением в расчеты по деформациям коэффициента $k_{жс}$, величина которого для экспериментального ребра составила 0,6.

Стенка из профилированного листа увеличивает геометрические характеристики расчетных поперечных сечений на 20-28%, подтверждая гипотезу №2 о целесообразности комбинирования в ребрах разнородных материалов. Разрушение наступило при нагрузке 1,2 расчетной нагрузки (15,87 кН/м) из-за потери устойчивости стенки в опорных отсеках, при этом напряжения в поясах и стенках не достигли предельных значений. Для устранения этого недостатка, как отмечалось ранее, рекомендуется применять профлист толщиной 0,7 мм.

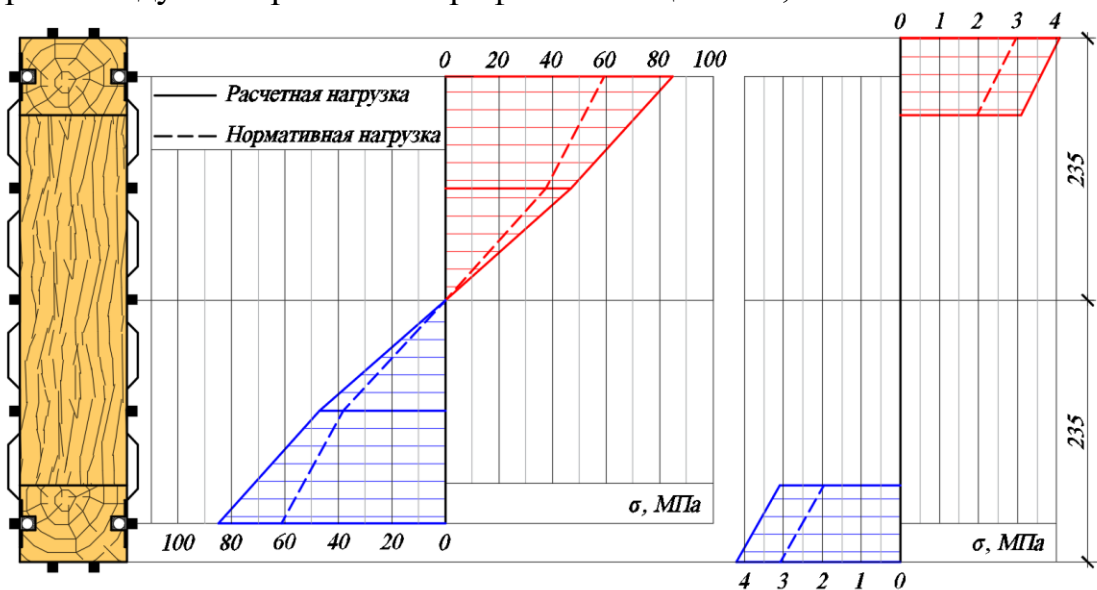


Рисунок 8 – Эпюры нормальных напряжений в середине пролета балки в стенке и в поясах при нормативной и расчетной нагрузках

На действие нормативных длительных нагрузок испытаны клеефанерное и деревометаллическое ребра. Прогиб клеефанерного ребра при длительном нагружении увеличился на 42%, деревометаллического - на 38%. Интенсивный рост деформаций отмечен в первые 20 и 15 суток соответственно с последующей стабилизацией (рисунок 9), которая наступила после 50-го дня испытаний. С учетом этого факта длительные испытания были прекращены через 90 суток от даты начала. Характер деформирования соответствует кривым ползучести вязкоупругих материалов. Прогибы не превысили предельно допустимых значений, что подтверждает эксплуатационную надежность предложенных конструкций.

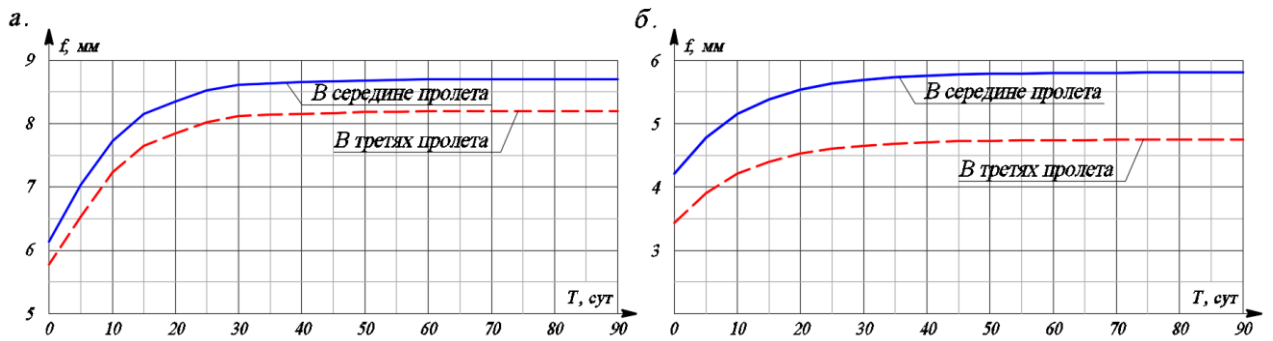


Рисунок 9 – График нарастания прогибов клефанерного (а) и деревометаллического (б) ребер в середине и в третях пролета с течением времени

Базируясь на полученных графиках при помощи аппроксимации, можно получить выражения для определения максимальных величин прогибов рассматриваемого типа ребер в любой момент времени:

- для испытанных деревометаллических ребер:

$$f_t = f_0[1 + 0,38(1 - e^{-0,087t})]; \quad (8)$$

- для клефанерных ребер:

$$f_t = f_0[1 + 0,42(1 - e^{-0,096t})]. \quad (9)$$

В пятой главе на основе результатов проведенных исследований разработаны рекомендации по конструированию, расчету и изготовлению совмещенных плит, учитывающие особенности разработанных рациональных конструкций несущих ребер. Для инженерного расчета определены рекомендованные диапазоны назначения геометрических параметров предложенных конструктивных форм ребер, а также адаптированы стандартные методики расчета путем введения корректировочных коэффициентов, позволяющих проектировщику в простой форме обоснованно принимать размеры поперечного сечения, выполнять анализ полученных результатов при вариантном проектировании.

При инженерном расчете по деформациям совмещенных плит с деревометаллическими ребрами допускается использовать нормативную методику СП 64.13330.2017 с введением к приведенному моменту инерции ребер, определённого по формуле (2), коэффициента $k_{жс}$, принимаемого по таблице 5.

Таблица 5. Значение коэффициента $k_{жс}$ в зависимости от пролета

	Пролет, м			
	4	9	12	15
$k_{жс}$	0,60	0,74	0,80	0,85

Для оценки технико-экономической эффективности разработанных конструкций выполнен сопоставительный анализ пяти вариантов совмещенных плит с одинаковой ограждающей частью, но с разными типами несущих ребер: вариант 1 – клеодошчатые; вариант 2 – клефанерные со сплошной стенкой и поясами одинаковой площади; вариант 3 – разработанные клефанерные с прерывистой стенкой и поясами разной площади; вариант 4 – деревометаллические со стенкой из

профлиста; вариант 5 – такие же, но с армированными поясами. Для объективности сравнивали именно ребра, условно выделенные из плиты. Результаты сведены в таблицу 6. На рисунке 10 представлена стоимость каждого варианта относительно базового варианта 1 в процентах.

Таблица 6. Основные технико-экономические показатели сравниваемых ребер

№ варианта	Трудоемкость изготовления, чел-час.	Стоимость, руб.		
		изготовления	материалов	конструкции
1	10,90	4665	21786	39026
2	7,71	3300	20722	33058
3	6,94	2970	17649	28725
4	8,15	3488	22583	35640
5	8,64	3698	20517	33767

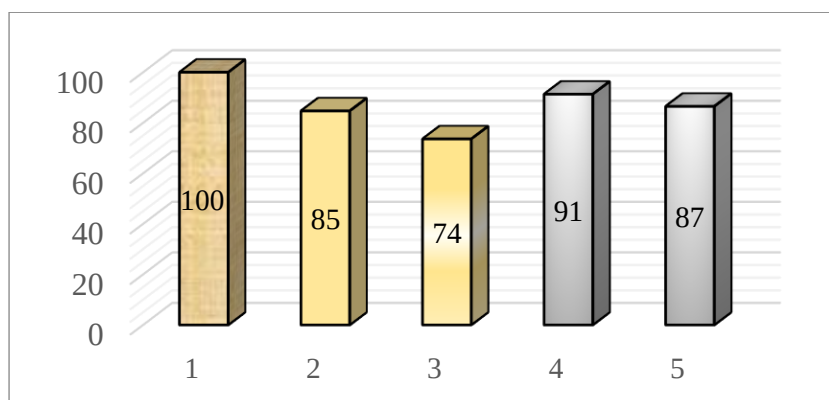


Рисунок 10 – Стоимость конструкции несущего ребра каждого варианта

Расчеты подтвердили экономическую эффективность выполненных разработок. В сравнении с базовым вариантом и своими прототипами предложенные конструкции выгодно отличаются как по критериям веса и стоимости материалов, так и по критерию конечной стоимости конструкции в целом: клеефанерные ребра на 26%, деревометаллические - на 13%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования несущих ребер совмещенных плит на деревянном каркасе позволяют сделать следующие основные выводы.

1. На основе выполненного критического анализа известных конструктивных решений совмещенных плит на деревянном каркасе и типов их несущих ребер выявлены их преимущества и недостатки с определением резервов совершенствования конструктивных форм несущих ребер рассматриваемого класса плит, у которых обшивка включена в работу каркаса на изгиб.

2. Разработаны новые типы несущих ребер совмещенных плит на деревянном каркасе в виде клеефанерных балок с поясами разной площади и с разрывами стенок по длине ребер на наименее напряженных участках, а также в виде дерево-

металлических элементов с армированными поясами и стальными профилированными стенками с продольной ориентацией гофров, отличающиеся улучшенными технико-экономическими показателями в сравнении с известными отечественными и зарубежными аналогами. Новизна разработок защищена патентами РФ на изобретение и полезную модель.

3. Применение в совмещенных плитах предложенных типов клеефанерных ребер обеспечивает экономию фанеры до 40% и древесины на 7-9% в сравнении с ребрами со сплошной стенкой и поясами равной площади.

4. Несущие ребра в виде деревометаллических балок с армированными поясами, стенкой из стальных профилированных листов с ориентацией гофров вдоль пролета плиты и с их креплением при помощи механических связей к вклеенным в массив древесины поясов стальным элементам по плоскости «металл-металл» позволяют увеличить геометрические характеристики расчетных поперечных сечений до 35% в сравнении с аналогичными ребрами без армирования или сокращение общего расхода материалов на несущие ребра на 21-28% в зависимости от величины действующих нагрузок и перекрываемого пролета.

5. Численными исследованиями доказано, что:

- минимальное влияние наличия проемов в фанерной стенке на величину прогиба ребер достигается при соотношении площади проемов к общей площади стенки не менее 0,6 с обязательным расположением сплошной стенки на опорах, в середине пролета и в зоне местоположения опасного сечения при расчете по нормальным напряжениям;

- геометрические характеристики расчетных поперечных сечений в практических расчетах предложенных деревометаллических ребер необходимо определять по методу приведенного сечения, при этом при расчете по прочности эти ребра следует рассматривать как цельные элементы и при расчете по деформациям как составные элементы с определением приведенного момента инерции $J_{пр}$ с коэффициентом $k_{жс} = 0,6...0,85$ (в зависимости от пролета ребра), учитывающим податливость гофров профилированного листа стенки.

6. Разработана методика расчета стальных профилированных стенок на устойчивость с учетом сдвиговой жесткости отсеков деревометаллических ребер, позволяющая учитывать толщину и высоту гофров примененных листов.

7. Экспериментальными методами подтверждена проектная прочность и жесткость разработанных конструктивных форм несущих ребер совмещенных плит на деревянном каркасе, в том числе при действии длительных нагрузок. Сравнение экспериментальных и численных результатов показало максимальную величину расхождений 11% по перемещениям и 8% по напряжениям, что в условиях натурного эксперимента обосновывает целесообразность применения для расчетов рассматриваемого класса конструкций стандартных программных комплексов типа «Лира» и «APM WinMachine 21».

8. На основе результатов, проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработаны рекомендации по конструированию, расчету и изготовлению, учитывающие особенности разработанных рациональных конструкций несущих ребер совмещенных плит.

9. Проведенный анализ экономической эффективности разработанных ребер доказал целесообразность их внедрения в строительную практику.

Основные положения диссертации опубликованы:

– в изданиях, рекомендуемых ВАК:

1. Жаданов, В.И. Рациональные конструкции плит на деревянном каркасе / В.И. Жаданов, **М.А. Нестеренко**, Ю.А. Ловецкая // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура, – 2022, Выпуск № 1(86). – С. 33-42.

2. Жаданов, В.И. Анализ конструктивных решений несущих ребер крупно-размерных совмещенных панелей на деревянном каркасе / В.И. Жаданов, **М.А. Нестеренко**, И.П. Пинайкин // Эксперт: теория и практика. Технические науки. Строительство и архитектура. Выпуск № 4(27) 23.12.2024 – С. 12 – 15.

3. Жаданов, В.И. Алгоритмы расчета клефанерных балок с прерывистой стенкой по деформациям / В.И. Жаданов, **М.А. Нестеренко**, А.А. Гаврилов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия «Материалы. Конструкции. Технологии», Йошкар-Ола, 2025, №2. – С. 30-41.

4. Жаданов, В.И. Балки с армированными поясами и стенками из тонких стальных листов / В.И. Жаданов, **М.А. Нестеренко**, Д.А. Украинченко // Промышленное и гражданское строительство, 2026, №1, – С. 13-20.

– в изданиях, входящих в международную базу данных SCOPUS:

5. Zhadanov, V.I. Beams Based on Plywood Sheets / V.I. Zhadanov, S.V. Lisov, **M.A. Nesterenko** // II International Scientific Conference “Recent Advances in Architecture and Construction” 2024 – С. 199-206.

6. Zhadanov, V.I. Long-Term Testing of a Composite Beam on Steel Twisted Cross-Shaped Rods / V.I. Zhadanov, D.A. Ukrainchenko, M.A. Arkaev, **M.A. Nesterenko**, I.V. Rudnev // IV International Scientific Conference “BUILDINTECH BIT 2025. INNOVATIONSANDTECHNOLOGIESINCONSTRUCTION” 2026 – С. 1-7.

7. Zhadanov, V.I. Composite Glued Wooden Panels with Pre-stressed Cladding / V.I. Zhadanov, D.A. Ukrainchenko, M.A. Arkaev, **M.A. Nesterenko**, I.V. Rudnev // IV International Scientific Conference “BUILDINTECH BIT 2025. INNOVATIONSANDTECHNOLOGIESINCONSTRUCTION” 2026 – С. 91-99.

– патенты РФ на изобретения:

8. Патент на изобретение № 2853783 Клефанерная плита / Жаданов В.И., **Нестеренко М.А.**, заявитель и патентообладатель Оренбургский государственный университет. – № 2025118128; заявлен 14.05.2025; опубл. 26.12.2025.

9. Патент на полезную модель №237338 Комбинированная балочная конструкция / Жаданов В.И., **Нестеренко М.А.**, Гаврилов А.А., Тонких В.В., Аксенов М.Н.; заявитель и патентообладатель Оренбургский государственный университет. – № 2025118128; заявлен 01.07.2025; опубл. 22.09.2025.

– в других изданиях:

10. Жаданов, В.И. Сборно-разборные быстровозводимые здания из блочных элементов на основе древесины / В.И. Жаданов, **М.А. Нестеренко**, С.С. Гасанов // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. Материалы Всероссийской научно-методической конференции; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург. - 2021. – С. 129 - 135.

11. Жаданов, В.И. Особенности работы совмещенных панельных конструкций на основе древесных материалов / В.И. Жаданов, **М.А. Нестеренко** // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России: материалы VII Всероссийской студенческой конференции: в 8 ч. Часть 5: Инновации в строительстве, природообустройстве и техносферной безопасности. - Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2021. – С. 53-55.

12. Жаданов, В.И. Особенности конструирования и расчета крупноразмерных ребристых деревянных панелей / В.И. Жаданов, **М.А. Нестеренко**, Ю.А. Ловецкая // Актуальные проблемы и перспективы развития строительного комплекса. Сборник трудов международной научно-практической конференции, в 2 ч. Том часть 1. Волгоград, 07–08 декабря 2021 года. – С. 76-83.

13. **Нестеренко, М.А.** Современные панельные конструкции на деревянном каркасе: состояние и векторы совершенствования / **М.А. Нестеренко**, В.И. Жаданов // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. Материалы Всероссийской научно-методической конференции; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург. – 2022. – С. 2455-2459.

14. **Нестеренко, М.А.** Совмещенные плиты на деревянном каркасе с клеефанерными ребрами / **М.А. Нестеренко**, В.И. Жаданов // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: Сборник статей 80-ой Юбилейной всероссийской научно-технической конференции. – Самара; СамГТУ, 2023. – С. 101-106.

15. **Нестеренко, М.А.** Численные исследования напряженно-деформированного состояния совмещенных панелей на деревянном каркасе с клеодошчатой обшивкой / **М.А. Нестеренко**, В.И. Жаданов, М.Н. Аксенов // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. Материалы Всероссийской научно-методической конференции; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург. – 2024. – С. 2885-2891.

16. **Нестеренко, М.А.** Влияние различных факторов на напряженно-деформированное состояние совмещенных плит на деревянном каркасе с обшивками из листовых материалов // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт. Материалы X-й Международной научно-практической конференции, посвященной 45-летию Института архитектуры, строительства и транспорта Тамбовского государственного технического университета; ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов: Издательский центр ТГТУ, 2024. – С. 140-143.

17. **Нестеренко, М.А.** Особенности экспериментальных исследований натуральных плоскостных строительных конструкций на основе древесины / **М.А. Нестеренко**, М.Н. Аксенов // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. Материалы Всероссийской научно-метод. конференции; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург. – 2025. – С. 2532-2537.

18. **Нестеренко, М.А.** О путях совершенствования несущих ребер крупноразмерных плит на деревянном каркасе / **М.А. Нестеренко**, В.И. Жаданов, А.А. Ворошилов // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. Материалы Всероссийской научно-методической конференции; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург. – 2025. – С. 2807-2811.

19. Жаданов, В.И. О некоторых направлениях совершенствования строительных конструкций из древесины и материалов на её основе / В.И. Жаданов, **М.А. Нестеренко** // Серовские чтения: сборник материалов Международного научно-технического симпозиума; СПбГАСУ – Санкт-Петербург, 2025. – С. 47-53.

20. **Нестеренко, М.А.** Деревометаллические ребра крупноразмерных совмещенных плит покрытия / **М.А. Нестеренко**, В.И. Жаданов // Серовские чтения: сборник материалов Международного научно-технического симпозиума; СПбГАСУ – Санкт-Петербург, 2025. – С. 54-58.

21. **Нестеренко, М.А.** Применение деревометаллических армированных балок в качестве несущих ребер крупноразмерных плит / **М.А. Нестеренко**, В.И. Жаданов // XVIII Международная научно-техническая конференция «Актуальные вопросы архитектуры и строительства», посвященная 95-летию НГАСУ (Сибстрин), 22-24 апреля 2025, Новосибирск – С. 3435.

22. **Нестеренко, М.А.** Соединение тонких стальных обшивок с деревянным каркасом при помощи гвоздей с пороховым зарядом / **М.А. Нестеренко, В.И. Жаданов, М.Н. Аксенов** // Всероссийская научно-методическая конференция «Наука и образование: фундаментальные основы, технологии, инновации посвященная 70-летию ОГУ» Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург. – 2025. – С. 38-41.

23. **Нестеренко, М.А.** Рациональные типы деревометаллических балок для крупноразмерных плит / **М.А. Нестеренко, В.И. Жаданов** // Всероссийская научно-методическая конференция «Наука и образование: фундаментальные основы, технологии, инновации посвященная 70-летию ОГУ» Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург. – 2025. – С. 299-302.

24. **Нестеренко, М.А.** Эволюционные этапы совершенствования конструкций несущих ребер плит на деревянном каркасе / **М.А. Нестеренко, В.И. Жаданов** // Всероссийская научно-методическая конференция «Наука и образование: фундаментальные основы, технологии, инновации посвященная 70-летию ОГУ» Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург. – 2025. – С. 303-307.

25. Жаданов, В.И. Клеефанерные балки как несущие ребра совмещенных крупноразмерных плит / В.И. Жаданов **М.А. Нестеренко, М.Н. Аксенов** // Международная научно-практическая конференция «Инженерные технологии: традиции, инновации, векторы развития», приуроченной 35-летию Российской инженерной академии, г. Абакан, 2025. – С. 126-128.

26. **Нестеренко, М.А.** Рациональные типы балок из разномодульных материалов для крупноразмерных плит / **М.А. Нестеренко** // Международная научно-практическая конференция «Инженерные технологии: традиции, инновации, векторы развития», приуроченной 35-летию Российской инженерной академии, г. Абакан, 2025. – С. 139-140.

27. **Нестеренко, М.А.** Крупноразмерная совмещенная плита на деревянном каркасе с клефанерными ребрами / **М.А. Нестеренко, В.И. Жаданов** // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. Материалы Всероссийской научно-методической конференции; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург. – 2025. – С. 2115-2120.

28. Жаданов, В.И. Совмещенные плиты на деревянном каркасе для жилищного строительства / В.И. Жаданов, **М.А. Нестеренко** // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации. 2024-2025 годы: Научные труды РААСН. В 2-х томах. Том 2. – Москва: Издательство АСВ, 2026. – С. 91-98.