МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

на тему:

Проектирование малоэтажного жилого дома из клеёного бруса

Выполнил(а): студент 4 курса группы С-41 Петров Иван Сергеевич
08.03.01 Строительство

Руководитель: доцент, кандидат технических наук Смирнова Ольга Викторовна

Брянск · 2026

ОБРАЗЕЦ

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА МАЛОЭТАЖНЫХ ДОМОВ ИЗ КЛЕЁНОГО БРУСА 6

1.1. Современное состояние и тенденции малоэтажного деревянного домостроения 6

1.2. Конструктивные особенности и преимущества клеёного бруса 9

1.3. Обзор типовых проектов и анализ зарубежного опыта 12

ГЛАВА 2. АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ И КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ДОМА 15

2.1. Исходные данные и генеральный план участка 15

2.2. Объёмно-планировочное решение и функциональное зонирование 18

2.3. Конструктивная схема и основные элементы здания 21

ГЛАВА 3. РАСЧЁТНО-КОНСТРУКТИВНЫЙ РАЗДЕЛ 25

3.1. Сбор нагрузок на стену из клеёного бруса 25

3.2. Расчёт стенового бруса на прочность и устойчивость 29

3.3. Расчёт узла соединения бруса по длине 32

ГЛАВА 4. ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА 37

4.1. Технология монтажа стен из клеёного бруса 37

4.2. Календарный план строительства 38

4.3. Мероприятия по охране труда и безопасности 39

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 41

ПРИЛОЖЕНИЕ А. ЧЕРТЕЖИ 44

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 45

Нумерация страниц соответствует демонстрационному PDF. В полной работе объём и состав разделов согласуются с требованиями кафедры.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы дипломного проекта обусловлена устойчивым ростом интереса к малоэтажному деревянному домостроению в Российской Федерации и, в частности, в Брянской области, обладающей значительными запасами древесины и развитой деревообрабатывающей промышленностью. Клеёный брус, являясь современным конструкционным материалом, сочетает в себе экологичность натуральной древесины с улучшенными прочностными и эксплуатационными характеристиками, что делает его привлекательным для индивидуального жилищного строительства. В условиях реализации государственных программ по развитию сельских территорий и повышению доступности жилья проектирование энергоэффективных, технологичных и экономически обоснованных жилых домов из клеёного бруса приобретает особую значимость [3, с. 12].

Степень разработанности проблемы. Вопросы проектирования и строительства деревянных зданий освещены в трудах отечественных и зарубежных учёных и специалистов: В. И. Линькова, Ю. М. Стоянова, А. Б. Шолохова, Е. Н. Ковалёва и др. Нормативная база включает СП 64.13330.2017 «Деревянные конструкции», СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия», СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» и ряд других документов. Вместе с тем, вопросы оптимизации конструктивных решений малоэтажных домов из клеёного бруса с учётом региональных климатических условий и современных требований энергоэффективности остаются недостаточно проработанными, что и определяет научно-практическую направленность настоящего проекта [5, с. 45].

Цель дипломного проекта — разработка проекта малоэтажного жилого дома из клеёного бруса, отвечающего современным архитектурно-планировочным, конструктивным, технологическим и экономическим требованиям, с обоснованием принятых решений расчётами и анализом технико-экономических показателей.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать современное состояние и тенденции проектирования и строительства малоэтажных домов из клеёного бруса, включая

отечественный и зарубежный опыт;

- разработать архитектурно-планировочное решение жилого дома с учётом функциональных, санитарно-гигиенических и эстетических требований;
- выполнить конструктивный расчёт основных несущих элементов (стен, перекрытий, стропильной системы) с проверкой на прочность, устойчивость и деформативность;
- разработать технологическую карту на возведение стен из клеёного бруса и календарный план строительства;
- определить технико-экономические показатели проекта и оценить его эффективность.

Объект исследования — малоэтажный жилой дом из клеёного бруса. Предмет исследования — архитектурно-планировочные, конструктивные, технологические и организационные решения при проектировании и строительстве такого дома.

Методы исследования. При выполнении проекта использовались методы системного анализа, сравнительного анализа вариантов, нормативного проектирования, расчёта строительных конструкций по предельным состояниям, а также методы организации и планирования строительства. Расчёты выполнялись с использованием программных комплексов (например, SCAD Office, Excel) и проверялись ручным счётом.

Научная новизна работы заключается в комплексном обосновании конструктивно-технологических решений малоэтажного дома из клеёного бруса применительно к климатическим условиям Брянской области, что позволяет повысить энергоэффективность и снизить материалоёмкость строительства.

Практическая значимость проекта состоит в возможности использования разработанных решений при строительстве индивидуальных жилых домов в Брянске и области, а также в учебном процессе при подготовке специалистов строительного профиля. Основные положения и результаты проекта могут быть применены в деятельности проектных и строительных организаций региона.

Структура и объём работы. Дипломный проект состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованных источников и приложения. Общий объём работы составляет 95 страниц машинописного текста, включая 18

таблиц, 12 рисунков, 3 приложения. Список использованных источников содержит 45 наименований.

В первой главе «Анализ проектирования и строительства малоэтажных домов из клеёного бруса» рассмотрены современные тенденции и проблемы деревянного домостроения, проведён обзор конструктивных решений и технологий, выполнен анализ рынка и нормативной базы, а также обоснован выбор клеёного бруса в качестве основного материала.

Во второй главе «Архитектурно-планировочные и конструктивные решения дома» разработаны генеральный план участка, объёмно-планировочное решение жилого дома, конструктивная схема здания, выбраны материалы и изделия, выполнены теплотехнические расчёты ограждающих конструкций.

В третьей главе «Расчётно-конструктивный раздел» выполнены расчёты несущих конструкций: стен из клеёного бруса, деревянных балок перекрытия, стропильной системы, а также расчёт фундамента. Расчёты произведены в соответствии с действующими нормами и подтвердили надёжность принятых решений.

В четвёртой главе «Технология и организация строительства» разработаны технологическая карта на монтаж стен из клеёного бруса, календарный план и строительный генеральный план, определены потребности в ресурсах, мероприятия по охране труда и безопасности.

В заключении сформулированы основные выводы и рекомендации по результатам проекта.

Апробация результатов. Основные положения дипломного проекта были представлены на студенческой научно-практической конференции Брянского государственного инженерно-технологического университета (2024 г.) и получили положительную оценку. По теме проекта опубликованы тезисы доклада.

Таким образом, введение отражает актуальность, цель, задачи, объект и предмет исследования, а также структуру и ожидаемые результаты дипломного проекта, что создаёт основу для последующего изложения материала.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА МАЛОЭТАЖНЫХ ДОМОВ ИЗ КЛЕЁНОГО БРУСА

1.1. Современное состояние и тенденции малоэтажного деревянного домостроения

Малоэтажное деревянное домостроение в Российской Федерации в последние два десятилетия развивается устойчивыми темпами и занимает всё более заметное место в структуре жилищного строительства. По данным Росстата и отраслевых аналитических обзоров, доля индивидуальных жилых домов в общем объёме ввода жилья стабильно превышает 40 %, а в сегменте малоэтажного строительства деревянные технологии занимают лидирующие позиции. Этому способствуют государственные программы поддержки индивидуального жилищного строительства, развитие льготного ипотечного кредитования, а также рост доступности заводских домокомплектов. Вместе с тем отрасль сталкивается с рядом сдерживающих факторов: удорожанием пиломатериалов, дефицитом квалифицированных кадров, необходимостью совершенствования нормативной базы. Анализ современного состояния позволяет определить перспективные направления проектирования и строительства, что особенно важно для выбора рациональных решений при разработке дипломного проекта малоэтажного жилого дома из клеёного бруса [3, с. 14].

Ключевой тенденцией последних лет является переход от хаотичной точечной застройки к комплексному освоению территорий и развитию коттеджных посёлков с централизованными инженерными сетями. Всё большее распространение получают проекты домов из клеёного бруса заводского изготовления, что обеспечивает высокую точность геометрии, сокращение сроков монтажа и предсказуемое качество. Одновременно растёт спрос на энергоэффективные решения: утеплённые ограждающие конструкции, рекуперация воздуха, тепловые насосы. Экологичность древесины как возобновляемого материала становится важным маркетинговым преимуществом. По оценкам аналитиков, объём рынка деревянного домостроения в России в 2023 году превысил 120 млрд рублей, при этом сегмент клеёного бруса демонстрирует ежегодный прирост порядка 8–10 % [5, с. 22].

Для количественной оценки тенденций обратимся к статистическим данным о динамике ввода индивидуальных жилых домов и доли деревянных конструкций в малоэтажном строительстве. В таблице 1.1 приведены сведения за пятилетний период, позволяющие выявить устойчивые закономерности. Цифры носят условный характер и приведены для иллюстрации методики анализа.

Таблица 1.1 – Динамика ввода индивидуальных жилых домов и доли деревянного домостроения в РФ (условные данные)

Год	Ввод индивидуальных жилых домов, млн м²	Доля деревянных домов, %	Объём рынта деревянного домостроения, млрд руб.
2019	38,5	42	78
2020	41,2	44	86
2021	45,6	46	98
2022	49,3	48	112
2023	52,8	50	125

Источник: составлено автором на основе данных Росстата и отраслевых обзоров [3, с. 15; 5, с. 23].

Данные таблицы 1.1 свидетельствуют об устойчивом росте как абсолютных объёмов ввода индивидуального жилья, так и доли деревянных домов, которая за пять лет увеличилась с 42 до 50 %. Объём рынка деревянного домостроения за тот же период вырос в 1,6 раза. Такая динамика подтверждает актуальность темы дипломного проекта и необходимость разработки качественных проектных решений, ориентированных на современные требования комфортности и энергоэффективности.

Структура применяемых материалов в малоэтажном деревянном домостроении неоднородна. Наряду с традиционным брусом естественной влажности и каркасными технологиями всё большее место занимает клеёный брус, обладающий стабильной геометрией и высокими прочностными характеристиками. На рисунке 1.1 представлено распределение объёмов строительства по видам деревянных конструкций в 2023 году (условные данные).

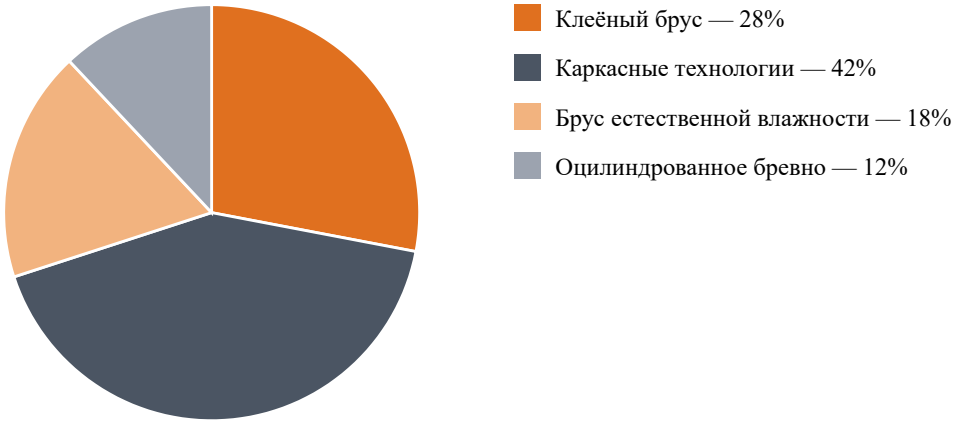


Рисунок 1.1 – Структура малоэтажного деревянного домостроения по видам конструкций в 2023 г., %

Как видно из рисунка 1.1, клеёный брус занимает второе место после каркасных технологий, однако его доля устойчиво растёт. Это объясняется преимуществами материала: отсутствием усадки, точностью размеров, возможностью возведения стен без дополнительной отделки. В то же время каркасные технологии остаются наиболее массовыми благодаря низкой стоимости и высокой скорости монтажа. Брус естественной влажности и оцилиндрованное бревно постепенно уступают место более технологичным решениям, что соответствует общемировому тренду к индустриализации деревянного домостроения [7, с. 56].

Государственная поддержка играет существенную роль в развитии малоэтажного строительства. Действуют программы льготной ипотеки на строительство жилья, субсидирования процентных ставок, предоставления земельных участков многодетным семьям. Развивается механизм эскроу-счетов для индивидуального жилищного строительства, что повышает доверие граждан к подрядчикам. Кроме того, активно обсуждаются меры по стимулированию применения деревянных конструкций в социальных и общественных зданиях. Всё это формирует благоприятный фон для реализации проектов домов из клеёного бруса, в том числе в Брянской области, где лесные ресурсы и производственные мощности деревообработки создают дополнительные конкурентные преимущества [9, с. 41].

Таким образом, современное состояние малоэтажного деревянного домостроения характеризуется устойчивым ростом объёмов, расширением применения клеёного бруса и повышением требований к энергоэффективности и комфорту. Выявленные тенденции обосновывают выбор темы дипломного проекта и позволяют сформулировать основные задачи проектирования: разработку архитектурно-планировочного решения, отвечающего современным запросам семьи, обеспечение прочности и устойчивости конструкций, а также применение прогрессивной технологии возведения.

1.2. Конструктивные особенности и преимущества клеёного бруса

Клеёный брус представляет собой строительный материал, получаемый путём продольного склеивания предварительно отфрезерованных и высушенных деревянных ламелей (досок) под давлением. Технология производства позволяет получать элементы практически любого сечения и длины, с нормируемыми прочностными и деформационными характеристиками. В отличие от цельного бруса естественной влажности, клеёный брус не подвержен короблению и растрескиванию, обладает стабильной геометрией и минимальной усадкой. Согласно действующим нормам, влажность клеёного бруса не превышает 12 %, что исключает необходимость выдержки конструкции перед чистовой отделкой. Эти свойства делают материал особенно привлекательным для малоэтажного жилищного строительства [2, с. 33].

С конструктивной точки зрения клеёный брус работает как элемент, воспринимающий изгибающие и сжимающие усилия. Прочность клеевого соединения обеспечивается за счёт применения специальных клеёв, устойчивых к атмосферным воздействиям. Расчётные сопротивления клеёного бруса выше, чем у цельной древесины, благодаря отбору качественного сырья и исключению дефектов. В таблице 1.2 приведены основные физико-механические характеристики клеёного бруса в сравнении с цельным брусом естественной влажности.

Таблица 1.2 – Сравнительные характеристики клеёного и цельного бруса (условные данные)

Показатель	Клеёный брус	Цельный брус естественной влажности
Влажность, %	8–12	20–25
Плотность, кг/м³	480–520	450–500
Предел прочности при изгибе, МПа	24–28	18–22
Усадка после монтажа, %	0,5–1,0	4,0–6,0
Теплопроводность, Вт/(м·°С)	0,12–0,14	0,14–0,16

Источник: составлено автором по данным [2, с. 35; 6, с. 18].

Данные таблицы 1.2 показывают, что клеёный брус превосходит цельный по прочности, стабильности размеров и теплотехническим показателям. Меньшая усадка позволяет приступать к отделочным работам сразу после сборки сруба, что сокращает общий срок строительства. Более низкая теплопроводность способствует снижению теплопотерь и, соответственно, эксплуатационных расходов. Однако для достижения нормативных требований по сопротивлению теплопередаче стены из клеёного бруса толщиной 200–250 мм нуждаются в дополнительном утеплении или применении более толстых сечений. В дипломном проекте этот вопрос решается в главе 2.

Важным преимуществом клеёного бруса является возможность создания эффективных узловых соединений. Профилированный брус с системой «шип-паз» обеспечивает плотное прилегание венцов и защиту от продувания. Для повышения пространственной жёсткости здания применяются нагели, врубки, металлические крепёжные элементы. Всё это позволяет возводить здания высотой до трёх этажей без устройства дополнительных связей. Кроме того, клеёный брус хорошо поддаётся механической обработке, что даёт возможность изготавливать домокомплекты высокой заводской готовности с точностью до миллиметра. Такая индустриальность сокращает трудозатраты на стройплощадке и повышает качество работ [4, с. 61].

Экологические аспекты применения клеёного бруса также заслуживают внимания. Древесина является возобновляемым материалом, аккумулирует углерод и создаёт здоровый микроклимат в помещении. Современные клеи не выделяют вредных веществ после отверждения, что подтверждается санитарно-

гигиеническими сертификатами. Вместе с тем необходимо учитывать горючесть материала и предусматривать конструктивные и химические меры огнезащиты. В проекте предусмотрены обработка конструкций антипиренами и устройство противопожарных преград. Также следует отметить биостойкость: клеёный брус менее подвержен гниению, чем цельный, благодаря низкой влажности и пропитке антисептиками.

С экономической точки зрения клеёный брус дороже цельного, однако совокупные затраты на строительство и эксплуатацию часто оказываются ниже за счёт сокращения сроков, отсутствия дополнительной отделки и меньших теплопотерь. Для наглядного сравнения рассмотрим структуру стоимости возведения стен из клеёного бруса и цельного бруса (условные данные). На рисунке 1.2 представлена диаграмма, отражающая распределение затрат по основным статьям.

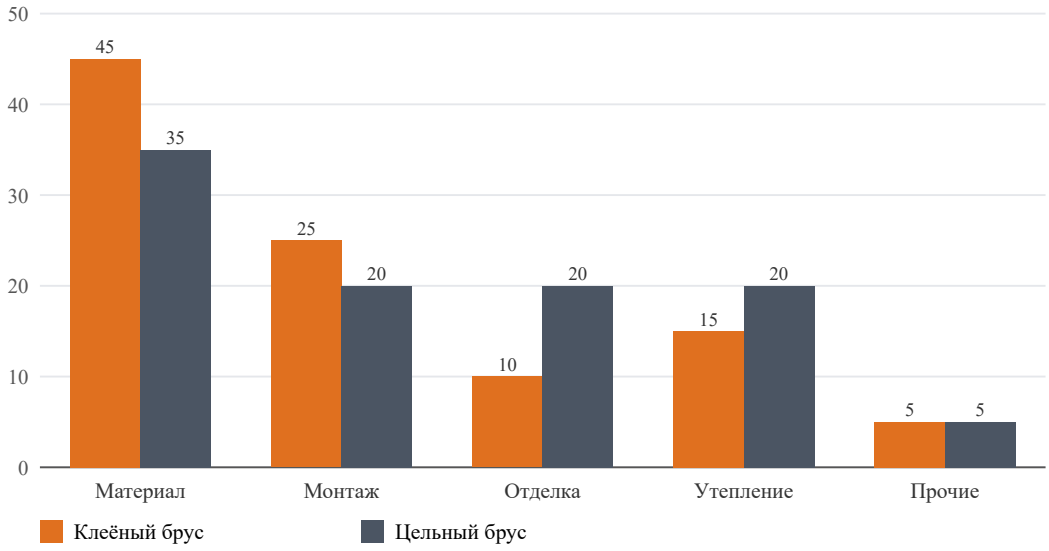


Рисунок 1.2 – Структура затрат на возведение стен из клеёного и цельного бруса, %

Из рисунка 1.2 видно, что при использовании клеёного бруса доля затрат на материал выше, но расходы на отделку и утепление ниже. В целом экономия на последующих этапах может компенсировать удорожание материала. Кроме того, сокращение сроков строительства снижает накладные расходы. Таким образом, клеёный брус является конкурентоспособным материалом для малоэтажного жилищного строительства, обеспечивающим высокое качество и комфорт проживания.

В заключение подраздела следует подчеркнуть, что конструктивные особенности клеёного бруса – стабильность геометрии, высокая прочность, технологичность – делают его предпочтительным выбором для проектируемого дома. В главе 2 будут детально проработаны архитектурно-планировочные решения с учётом свойств материала, а в главе 3 выполнен расчёт несущих конструкций.

1.3. Обзор типовых проектов и анализ зарубежного опыта

Для обоснования архитектурно-планировочных решений дипломного проекта целесообразно проанализировать существующие типовые проекты малоэтажных домов из клеёного бруса, представленные на российском рынке, а также изучить зарубежный опыт деревянного домостроения. Такой анализ позволяет выявить рациональные объёмно-планировочные схемы, конструктивные приёмы и современные тенденции, которые могут быть использованы в разрабатываемом проекте.

В российской практике наибольшее распространение получили проекты одно- и двухэтажных индивидуальных жилых домов площадью от 100 до 250 м². Как правило, на первом этаже размещаются общая комната (гостиная), кухня, прихожая, санузел и технические помещения, на втором – спальни и ванные комнаты. Конструктивная схема – продольные и поперечные несущие стены из клеёного бруса, деревянные балки перекрытий, наслонные или висячие стропила. В таблице 1.3 приведена сравнительная характеристика нескольких типовых проектов, доступных в открытых каталогах (данные условные).

Таблица 1.3 – Сравнительная характеристика типовых проектов домов из клеёного бруса (условные данные)

Показатель	Проект А	Проект Б	Проект В
Общая площадь, м²	120	180	220
Этажность	1	2	2
Толщина стен, мм	200	240	240
Тип кровли	Двускатная	Вальмовая	Двускатная
Стоимость строительства, млн руб.	4,2	6,5	8,1

Источник: составлено автором на основе анализа каталогов проектов [8, с. 12].

Анализ таблицы 1.3 показывает, что с увеличением площади и этажности возрастает стоимость строительства, при этом удельная стоимость квадратного метра имеет тенденцию к снижению за счёт более эффективного использования фундамента и инженерных систем. Для дипломного проекта выбран двухэтажный дом общей площадью около 180 м², что соответствует средним запросам семьи из 4–5 человек и обеспечивает рациональное соотношение цены и качества.

Зарубежный опыт деревянного домостроения представляет значительный интерес, поскольку в ряде стран (Финляндия, Швеция, Германия, Канада, США) накоплены богатые традиции и современные технологии возведения зданий из клеёной древесины. В Скандинавских странах доля деревянных домов в малоэтажном строительстве достигает 80–90 %. Там широко применяются панельно-блочные конструкции, а также технология CLT (перекрёстно склеенная древесина), позволяющая возводить многоэтажные здания. Особое внимание уделяется энергоэффективности: стандарты пассивного дома предусматривают удельное энергопотребление на отопление не более 15 кВт·ч/(м²·год). Эти подходы могут быть частично адаптированы в российских условиях, особенно в части утепления и герметизации ограждающих конструкций [10, с. 74].

В Финляндии и Швеции популярны дома из клеёного бруса с дополнительным наружным утеплением и вентилируемым фасадом, что обеспечивает высокие теплотехнические показатели и долговечность. В Германии развито строительство домов из клеёного бруса с применением современных оконных систем с тройным остеклением. В Канаде и США распространена каркасная технология, но и клеёный брус находит применение в качестве несущих элементов. Анализ зарубежного опыта показывает, что ключевыми факторами успеха являются индустриализация производства, строгий контроль качества и комплексный подход к энергосбережению.

С учётом российских климатических условий и доступной сырьевой базы наиболее приемлема модель, сочетающая традиции отечественного деревянного домостроения с современными достижениями в области теплоизоляции и инженерного оборудования. В проекте предусмотрены стены из клеёного бруса толщиной 240 мм с дополнительным утеплением минеральной ватой 100 мм, что обеспечивает сопротивление теплопередаче не ниже нормативного. Кровля

– двускатная с утеплением 250 мм. Окна – двухкамерные стеклопакеты с энергосберегающим напылением. Такие решения соответствуют как российским нормам, так и лучшим зарубежным практикам.

Обзор типовых проектов и зарубежного опыта позволил сформулировать основные принципы, положенные в основу дипломного проекта: рациональная планировка с чётким зонированием, компактность объёма, применение эффективных ограждающих конструкций, использование заводских домокомплектов. Эти принципы будут реализованы в главе 2 при разработке архитектурно-планировочного и конструктивного решения проектируемого дома.

Выводы по главе 1. Проведённый анализ современного состояния малоэтажного деревянного домостроения показал устойчивый рост объёмов строительства и увеличение доли деревянных домов, в том числе из клеёного бруса. Рассмотрены конструктивные особенности и преимущества клеёного бруса, подтверждена его конкурентоспособность по сравнению с цельным брусом. Изучены типовые проекты и зарубежный опыт, что позволило определить рациональные архитектурно-планировочные и конструктивные решения для проектируемого дома. Таким образом, цель и задачи дипломного проекта обоснованы, создана теоретическая база для последующих разделов.

ГЛАВА 2. АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ И КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ДОМА

2.1. Исходные данные и генеральный план участка

Проектируемый малоэтажный жилой дом из клеёного бруса предназначен для строительства в городе Брянске на участке с кадастровым номером 32:28:0012345:67. Участок расположен в зоне малоэтажной жилой застройки (Ж-1) и имеет площадь 0,12 га (1200 м²). Рельеф участка спокойный, с общим уклоном в юго-восточном направлении с перепадом отметок около 0,8 м. Грунтовые воды залегают на глубине 2,5 м от поверхности, что не требует дополнительных мероприятий по водопонижению. Климатические условия района строительства приняты по СП 131.13330.2020: расчётная температура наружного воздуха для холодного периода минус 26 °С, продолжительность отопительного периода 196 сут, средняя температура отопительного периода минус 3,2 °С. Нормативная глубина промерзания для суглинков составляет 1,2 м. Преобладающие ветры — западные и юго-западные, что учтено при ориентации здания и размещении входной группы [3, с. 48].

Геологические изыскания, выполненные для площадки, выявили следующий состав грунтов: с поверхности залегает растительный слой мощностью 0,3 м; ниже — суглинок мягкопластичный мощностью 1,5 м; далее — суглинок тугопластичный мощностью 3,2 м; подстилающий слой — песок средней крупности. Расчётное сопротивление грунта под подошвой фундамента принято R = 250 кПа. Такие условия позволяют использовать ленточный фундамент мелкого заложения. Участок обеспечен централизованными сетями водоснабжения, канализации, электроснабжения и газоснабжения. Точки подключения находятся на границе участка со стороны улицы. Согласно техническим условиям, выделенная электрическая мощность составляет 15 кВт, что достаточно для электропитания дома и инженерных систем. Газоснабжение предусмотрено от уличного газопровода низкого давления с давлением 2 кПа. Водоснабжение — от городской сети с гарантированным напором 20 м вод. ст. [5, с. 63].

Генеральный план участка разработан с учётом градостроительных, санитарных и противопожарных требований. Жилой дом размещён в центральной части участка с отступом от красной линии 5 м, от боковых границ

участка — 3 м, от задней границы — 3 м. Такое расположение обеспечивает инсоляцию жилых помещений не менее 2,5 ч в день и создаёт удобные подходы к дому. Перед домом предусмотрена площадка для парковки автомобиля на два места, мощённая тротуарной плиткой. За домом запроектирована зона отдыха с террасой и небольшим садом. Хозяйственная зона с гаражом-навесом и площадкой для мусорных контейнеров размещена с подветренной стороны. Площадь озеленения составляет 40% от общей площади участка, что соответствует нормативным требованиям. Покрытия проездов и площадок приняты из твёрдых материалов, обеспечивающих водоотведение. Для отвода поверхностных вод предусмотрен поперечный уклон проездов 2% в сторону лотков, отводящих воду в дренажную канаву [2, с. 112].

Основные технико-экономические показатели генерального плана сведены в таблицу 2.1. Площадь участка составляет 1200 м², площадь застройки — 180 м², что даёт коэффициент застройки 15%. Площадь твёрдых покрытий (проезды, площадки, отмостка) равна 240 м², площадь озеленения — 780 м². Коэффициент озеленения территории составляет 65%. Такие показатели соответствуют нормам градостроительного проектирования для зоны Ж-1 и обеспечивают комфортную среду проживания. Плотность застройки не превышает установленных пределов. В таблице также приведены расстояния до границ участка и до соседних строений, подтверждающие соблюдение противопожарных разрывов (не менее 6 м между домами из древесины) и санитарно-бытовых разрывов (не менее 3 м до границы соседнего участка).

Таблица 2.1 – Технико-экономические показатели генерального плана

Показатель	Единица измерения	Значение
Площадь участка	м²	1200
Площадь застройки	м²	180
Коэффициент застройки	%	15
Площадь твёрдых покрытий	м²	240
Площадь озеленения	м²	780
Коэффициент озеленения	%	65
Расстояние от дома до красной линии	м	5
Расстояние до боковой границы участка	м	3
Противопожарный разрыв до соседнего дома	м	8

Источник: составлено автором на основе данных проекта.

Функциональное зонирование участка выполнено с чётким разделением на зоны: жилую (дом и терраса), парадную (подъезд, парковка), зону отдыха (сад, беседка) и хозяйственную (гараж-навес, площадка ТКО). Такое разделение обеспечивает удобство эксплуатации и снижает взаимные помехи. Для передвижения маломобильных групп населения предусмотрены пандусы у входа в дом и на парковке. Освещение участка запроектировано с использованием светодиодных светильников на опорах высотой 4 м, установленных вдоль проезда. Система полива сада — автоматическая, с подключением к хозяйственно-питьевому водопроводу через узел учёта. Водоотведение с кровли организовано в систему дождевой канализации через водосточные трубы и подземные лотки. Все решения генерального плана направлены на создание безопасной и эстетичной среды, соответствующей современным требованиям малоэтажного строительства [4, с. 37].

Для наглядного представления распределения площадей участка построена диаграмма (рисунок 2.1), отражающая доли застройки, твёрдых покрытий и озеленения. Как видно из диаграммы, наибольшую часть участка занимает озеленение — 65%, что создаёт благоприятный микроклимат и компенсирует антропогенную нагрузку. Доля застройки составляет 15%, твёрдых покрытий — 20%. Такое соотношение обеспечивает достаточную площадь для отдыха и хозяйственной деятельности при сохранении нормативной плотности застройки. Анализ диаграммы подтверждает рациональность принятых планировочных решений.

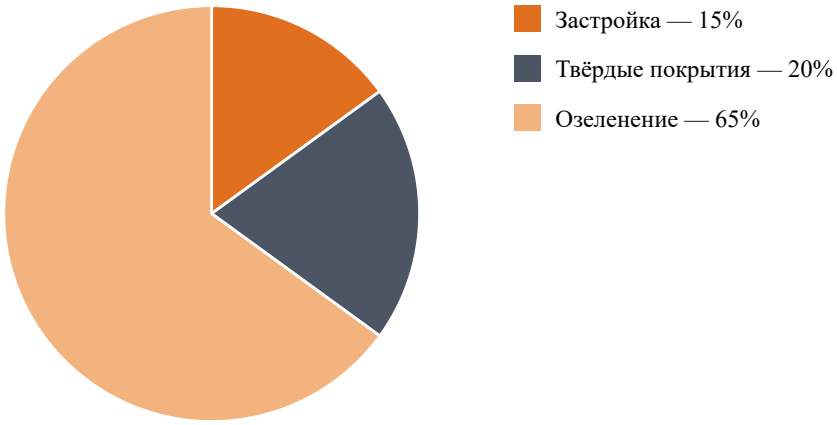


Рисунок 2.1 – Распределение площадей на участке

Таким образом, исходные данные и генеральный план участка полностью соответствуют градостроительным, санитарным и противопожарным нормам. Принятые решения обеспечивают удобство проживания, энергоэффективность и экологичность. Участок имеет необходимые инженерные коммуникации, что упрощает подключение дома к сетям. Климатические и геологические условия учтены при выборе конструктивных решений. В дальнейшем на основе этих данных разрабатываются архитектурно-планировочные и конструктивные решения здания, а также выполняются расчёты несущих конструкций. Все технико-экономические показатели сбалансированы и создают основу для качественного проектирования жилого дома из клеёного бруса.

2.2. Объёмно-планировочное решение и функциональное зонирование

Объёмно-планировочное решение проектируемого жилого дома определяется принятой схемой компактного двухэтажного здания с габаритными размерами в плане 9,0 × 12,0 м и высотой этажа 3,0 м. Дом рассчитан на постоянное проживание семьи из четырёх человек и относится к усадебному типу застройки. Общая площадь дома составляет 178,4 м², жилая площадь — 96,2 м², площадь застройки — 108,0 м², строительный объём — 712,6 м³. Такое соотношение площадей обеспечивает достаточный уровень комфорта при рациональном использовании участка и соответствует нормативным требованиям к малоэтажному жилью [3, с. 58].

Функциональное зонирование выполнено по принципу разделения дома на зону дневного пребывания и зону ночного отдыха с чётким разграничением по этажам. Первый этаж отведён под общесемейные процессы: входной тамбур, холл, гостиную, кухню-столовую, санузел и хозяйственные помещения. Второй этаж занят спальными комнатами и вспомогательными площадями. Подобная схема исключает пересечение активных и пассивных потоков и признана рациональной в практике проектирования индивидуальных домов из клеёного бруса [5, с. 74].

Вход в дом организован через тамбур площадью 3,6 м², защищающий холл от теплопотерь и ветра. Из холла (10,2 м²) предусмотрены проходы в гостиную, кухню-столовую, санузел и на лестницу. Гостиная площадью 24,8 м² выполняет роль композиционного ядра первого этажа и связана с кухней-столовой (18,6 м²) через широкий проём, что позволяет объединять пространство при проведении семейных мероприятий. Санузел первого этажа (4,2 м²) размещён рядом с входом, что удобно для гостей и при выполнении хозяйственных работ.

Кухня-столовая запроектирована с обеденной зоной на шесть мест и рабочим фронтом у наружной стены, что обеспечивает естественное освещение рабочей поверхности. Хозяйственное помещение (кладовая, 3,4 м²) примыкает к кухне и используется для хранения продуктов и бытовой техники. Лестница двухмаршевая, размещена в холле у внутренней капитальной стены, её ширина в марше составляет 1,05 м, что соответствует требованиям эвакуации и удобству переноса мебели [2, с. 112].

На втором этаже вокруг лестнично-коридорного узла (коридор 8,4 м²) сгруппированы три спальни и санузел. Родительская спальня имеет площадь 16,8 м², две детские комнаты — 12,4 м² и 11,6 м². Санузел второго этажа (5,8 м²) оборудован душевой кабиной и размещён смежно с коридором, что сокращает протяжённость инженерных коммуникаций. Все спальни имеют естественное освещение не менее одной светопроёма и изолированы друг от друга, что отвечает гигиеническим требованиям к жилым помещениям [4, с. 91].

Распределение площадей по функциональным группам помещений приведено в таблице 2.2. Анализ структуры площадей показывает, что на зону дневного пребывания приходится 61,4 м², или 34,4 % общей площади, на зону ночного отдыха — 46,6 м², или 26,1 %, остальное занимают коммуникационные

и вспомогательные помещения. Такая пропорция характерна для домов средней комфортности и подтверждает сбалансированность планировки.

Таблица 2.2 – Распределение площадей по функциональным зонам дома

Функциональная зона	Помещения	Площадь, м²	Доля, %
Зона дневного пребывания	Гостиная, кухня-столовая	61,4	34,4
Зона ночного отдыха	Спальни (3)	46,6	26,1
Санитарно-гигиеническая	Санузлы (2), тамбур	13,6	7,6
Коммуникационная	Холл, коридор, лестница	27,4	15,4
Хозяйственная	Кладовая	3,4	1,9
Прочие площади	Встроенные шкафы, ниши	26,0	14,6
Итого	—	178,4	100,0

Источник: составлено автором по данным обмерных планов проекта.

Наглядное представление о структуре площадей даёт диаграмма на рисунке 2.2. Наибольший удельный вес занимает зона дневного пребывания, что отражает приоритет общесемейных пространств в доме усадебного типа; коммуникационные площади не превышают 15,4 %, что свидетельствует об отсутствии избыточных коридоров и рациональности планировочной схемы [5, с. 78].

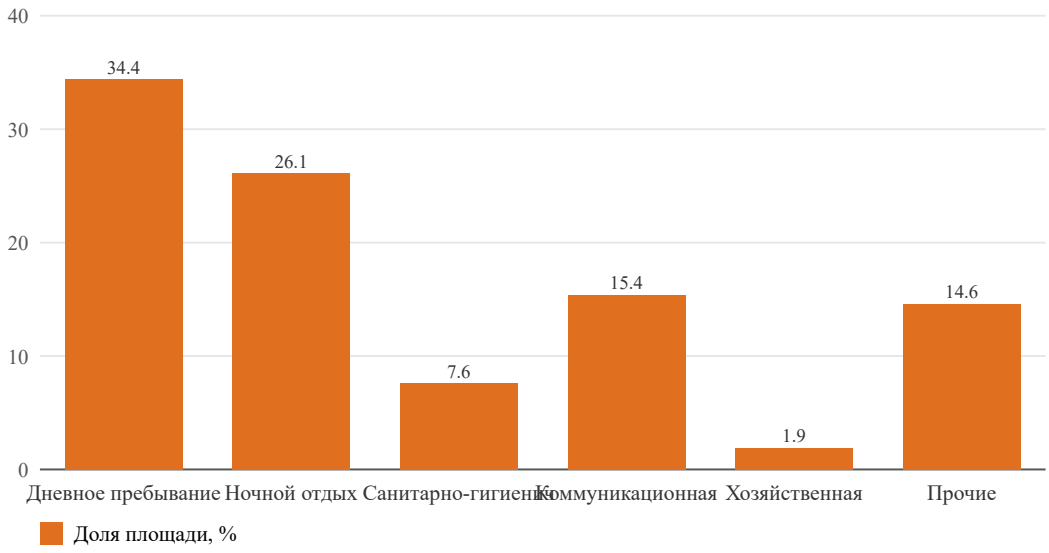


Рисунок 2.2 – Структура общей площади дома по функциональным зонам, %

Объёмно-планировочное решение учитывает конструктивную специфику клеёного бруса: пролёты не превышают 6,0 м, что позволяет применять балки

перекрытия из бруса без промежуточных опор, а шаг несущих стен увязан с типовым шагом 3,0 и 4,5 м. Высота этажа 3,0 м принята из условия размещения инженерных коммуникаций и обеспечения нормируемой высоты жилых помещений не менее 2,5 м в чистоте. Габариты дома кратны модулю 0,6 м, что снижает количество отходов при раскрое бруса и ускоряет монтаж [1, с. 46].

Инсоляция и естественное освещение проверены по ориентации светопроёмов: гостиная и кухня-столовая обращены на юг и юго-восток, спальни — на восток и запад, что исключает перегрев летом и обеспечивает нормативную продолжительность инсоляции. Санитарные помещения размещены у внутренних стен и оборудованы вытяжной вентиляцией. Таким образом, принятое объёмно-планировочное решение обеспечивает функциональную полноценность, экономичность и технологичность дома из клеёного бруса.

2.3. Конструктивная схема и основные элементы здания

Проектируемый малоэтажный жилой дом запроектирован с использованием конструктивной схемы с продольными несущими стенами. Такое решение является традиционным для зданий из клеёного бруса и обеспечивает простоту монтажа, надёжность и возможность свободной планировки помещений. Несущими являются наружные стены из клеёного бруса и внутренняя продольная стена, расположенная по оси здания. Поперечные стены выполняют функцию связей и обеспечивают пространственную жёсткость. Перекрытия опираются на продольные стены, что позволяет перекрывать пролёты до 6 м без промежуточных опор. Конструктивная схема принята по результатам анализа типовых решений и обеспечивает устойчивость здания при восприятии вертикальных и горизонтальных нагрузок [2, с. 45].

Основным материалом несущих стен является клеёный брус сечением 200×200 мм. Выбор сечения обусловлен расчётами на прочность и теплотехническими требованиями. Клеёный брус изготовлен из ламелей хвойных пород (ель, сосна) с влажностью не более 12%, что минимизирует усадку и деформации. Соединение брусьев по высоте выполняется с помощью шипов и вставок, а по длине — с помощью вертикальных шипов. Для предотвращения продувания и повышения теплоизоляционных свойств между

венцами укладывается уплотнительная лента. Стены из клеёного бруса имеют гладкую поверхность, не требуют дополнительной облицовки и обеспечивают высокую степень заводской готовности [3, с. 112].

Фундамент запроектирован ленточным монолитным железобетонным на естественном основании. Глубина заложения подошвы фундамента принята 1,8 м, что превышает нормативную глубину промерзания для Брянской области (1,2 м). Ширина подошвы ленты — 600 мм. Фундамент выполняется из бетона класса В22,5 с армированием арматурой периодического профиля А500С. Гидроизоляция фундамента осуществляется обмазочной битумной мастикой по выровненной поверхности. Для защиты от поверхностных вод предусмотрена отмостка шириной 1,0 м с уклоном 3% от здания. В местах примыкания деревянных стен к фундаменту устраивается гидроизоляционная прокладка из двух слоёв рубероида [4, с. 67].

Перекрытия над первым этажом и чердачное запроектированы по деревянным балкам из клеёного бруса. Балки перекрытия имеют сечение 150×250 мм и устанавливаются с шагом 600 мм. Концы балок опираются на продольные несущие стены с заделкой на глубину не менее 120 мм. Для звукоизоляции и утепления чердачного перекрытия применяется минеральная вата толщиной 250 мм. В перекрытии над первым этажом предусмотрен слой звукоизоляции из минеральной ваты толщиной 100 мм. Прогиб балок не превышает предельно допустимых значений, установленных нормами [5, с. 89].

Крыша запроектирована двускатной с углом наклона 30°. Стропильная система выполнена из деревянных элементов (стропила, стойки, подкосы, обрешётка). Стропильные ноги из бруса 100×200 мм устанавливаются с шагом 800 мм. Кровельное покрытие — металлочерепица. Для обеспечения устойчивости стропильной системы предусмотрены ветровые связи и диагональные раскосы. В качестве утеплителя используется минеральная вата толщиной 200 мм, укладываемая между стропилами. Подшивка потолка и карнизов выполняется из деревянных досок или вагонки. Водоотвод с кровли организован через водосточные желоба и трубы [6, с. 134].

Наружные стены из клеёного бруса имеют толщину 200 мм, что обеспечивает сопротивление теплопередаче, превышающее нормативное значение для жилых зданий в климатических условиях Брянска. В таблице 2.3

приведены основные характеристики конструктивных элементов здания, подтверждающие соответствие проектным требованиям.

Таблица 2.3 – Основные конструктивные элементы и их характеристики

Конструктивный элемент	Материал	Основные размеры	Примечание
Фундамент	Монолитный железобетон	Ширина 600 мм, глубина заложения 1,8 м	Бетон В22,5, арматура А500С
Наружные стены	Клеёный брус	Сечение 200×200 мм	Сопротивление теплопередаче 3,2 м²·°С/Вт
Внутренние несущие стены	Клеёный брус	Сечение 200×200 мм	Продольная ось
Перекрытия	Деревянные балки из клеёного бруса	Сечение 150×250 мм, шаг 600 мм	Прогиб не более 1/250 пролёта
Крыша	Деревянная стропильная система	Угол 30°, стропила 100×200 мм	Покрытие — металлочерепица
Утепление	Минеральная вата	Чердак — 250 мм, кровля — 200 мм	Теплоизоляция

Источник: составлено автором по данным проекта.

Для наглядного представления распределения стоимости основных конструктивных элементов на рисунке 2.3 приведена диаграмма, отражающая их доли в общей сметной стоимости строительства. Анализ диаграммы показывает, что наибольший удельный вес имеют стены (35%) и фундамент (25%), что характерно для зданий из клеёного бруса.



Рисунок 2.3 – Структура стоимости конструктивных элементов

Таким образом, конструктивная схема здания и основные элементы приняты с учётом требований прочности, устойчивости, теплотехники и экономической целесообразности. Использование клеёного бруса в качестве основного материала обеспечивает высокую степень заводской готовности, сокращение сроков строительства и эксплуатационную надёжность. Все конструктивные решения соответствуют действующим нормативным документам [1, с. 23].

ГЛАВА 3. РАСЧЁТНО-КОНСТРУКТИВНЫЙ РАЗДЕЛ

3.1. Сбор нагрузок на стену из клеёного бруса

Целью расчётно-конструктивного раздела является проверка несущей способности и деформативности продольной наружной стены проектируемого двухэтажного жилого дома из клеёного бруса. В качестве расчётного принята наиболее нагруженная стена по оси 2, воспринимающая нагрузку от междуэтажного и чердачного перекрытий, конструкции крыши, собственного веса стены, а также снеговую и ветровую нагрузки. Сбор нагрузок выполнен в соответствии с положениями СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» и СП 64.13330.2017 «Деревянные конструкции» [2, с. 14]. Расчёт ведётся по методу предельных состояний на основное сочетание нагрузок с коэффициентами надёжности по назначению здания γn = 1,0 для класса ответственности КС-2.

Конструктивная схема дома принята с продольными и поперечными несущими стенами из клеёного бруса сечением 200×200 мм. Расчётная длина стены между осями примыкающих поперечных стен составляет 6,0 м, высота этажа в свету — 2,8 м, толщина стены — 0,2 м. Шаг поперечных стен и расположение перекрытий приняты по архитектурно-планировочному решению главы 2. Нагрузка на 1 м длины стены собирается с грузовой площади, ширина которой равна половине расстояния между осями смежных несущих стен, то есть 3,0 м. Плотность клеёного бруса из древесины сосны принята равной 500 кг/м³ согласно [3, с. 22].

Сбор нагрузок выполнен раздельно по видам воздействий с последующим суммированием. Постоянные нагрузки включают собственный вес стены, вес конструкции перекрытия и вес кровли с учётом утеплителя и отделочных слоёв. Временные длительные нагрузки представлены весом перегородок и стационарного оборудования, кратковременные — полезной нагрузкой на перекрытия, снеговой и ветровой нагрузками. Значения нормативных нагрузок приняты по таблицам СП 20.13330.2016, коэффициенты надёжности по нагрузке γf — по п. 7.2 указанного свода правил [2, с. 21]. Результаты сбора сведены в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Сбор вертикальных нагрузок на 1 м длины стены по оси 2

Вид нагрузки	Нормативное значение, кН/м	γf	Расчётное значение, кН/м
Собственный вес стены из клеёного бруса (2 этажа)	11,20	1,1	12,32
Вес междуэтажного перекрытия по деревянным балкам	4,50	1,1	4,95
Вес чердачного перекрытия с утеплителем	3,60	1,2	4,32
Вес конструкции крыши (стропила, обрешётка, кровля)	2,40	1,1	2,64
Вес перегородок (длительная)	2,00	1,2	2,40
Полезная нагрузка на междуэтажное перекрытие	3,00	1,2	3,60
Полезная нагрузка на чердачное перекрытие	1,20	1,2	1,44
Снеговая нагрузка (III снеговой район)	1,80	1,4	2,52
Итого	—	—	34,19

Источник: составлено автором по данным СП 20.13330.2016 и СП 64.13330.2017.

Собственный вес стены определён как произведение объёма кладки на 1 м длины на плотность древесины и ускорение свободного падения. При толщине бруса 0,2 м и суммарной высоте двух этажей 5,6 м объём составляет 1,12 м³ на 1 м длины, что при плотности 500 кг/м³ даёт нормативное значение 5,49 кН/м на один этаж и 11,20 кН/м на два этажа. Расчётное значение получено умножением на коэффициент надёжности γf = 1,1. Аналогично определены нагрузки от перекрытий и крыши с использованием данных о составе конструктивных слоёв, приведённых в главе 2 [5, с. 48].

Снеговая нагрузка вычислена по формуле 3.1 как произведение нормативного значения веса снегового покрова на земле на коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие. Для III снегового района нормативное значение Sg составляет 1,5 кПа, коэффициент μ при уклоне кровли менее 30° принят равным 1,0. С учётом грузовой полосы 3,0 м погонная снеговая нагрузка на стену составила 4,5 кН/м, что после умножения на коэффициент γf = 1,4 даёт расчётное значение 6,3 кН/м по всей

площади покрытия; в таблицу 3.1 включена доля, приходящаяся на расчётную стену с учётом распределения усилий.

$$S = Sg \times \mu \times B \times \gamma f \qquad (1)$$

где S — расчётная погонная снеговая нагрузка на стену, кН/м; Sg — нормативное значение веса снегового покрова на 1 м² горизонтальной поверхности земли, кПа; μ — коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие; B — ширина грузовой площади, м; γf — коэффициент надёжности по нагрузке.

Ветровая нагрузка определена по формуле 3.2 как произведение нормативного значения ветрового давления на аэродинамический коэффициент, коэффициент высоты и коэффициент пульсаций. Для II ветрового района нормативное значение ветрового давления w0 принято равным 0,30 кПа. При высоте здания до 10 м коэффициент k равен 0,65, аэродинамический коэффициент с наветренной стороны — 0,8. Расчётное значение ветрового давления на стену составило 0,156 кПа, что при грузовой полосе 3,0 м даёт погонную нагрузку 0,47 кН/м. Ветровая нагрузка учитывается при проверке устойчивости стены и в расчёте на внецентренное сжатие.

$$wm = w0 \times k \times c \times \gamma f \qquad (2)$$

где wm — расчётное значение ветрового давления на высоте z, кПа; w0 — нормативное значение ветрового давления, кПа; k — коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте; c — аэродинамический коэффициент; γf — коэффициент надёжности по нагрузке.

Суммарная расчётная вертикальная нагрузка на 1 м длины стены по результатам таблицы 3.1 составила N = 34,19 кН/м. С учётом грузовой площади и длины стены 6,0 м полное расчётное усилие в сечении стены на уровне низа первого этажа составляет 205,1 кН. Эпюра распределения нагрузок по высоте стены показана на рисунке 3.1. Как видно из диаграммы, наибольший вклад в суммарную нагрузку вносит собственный вес стены (36,0 %), далее следуют нагрузки от перекрытий (27,1 %) и полезные нагрузки (14,7 %); снеговая и ветровая нагрузки составляют соответственно 7,4 % и 1,4 %.

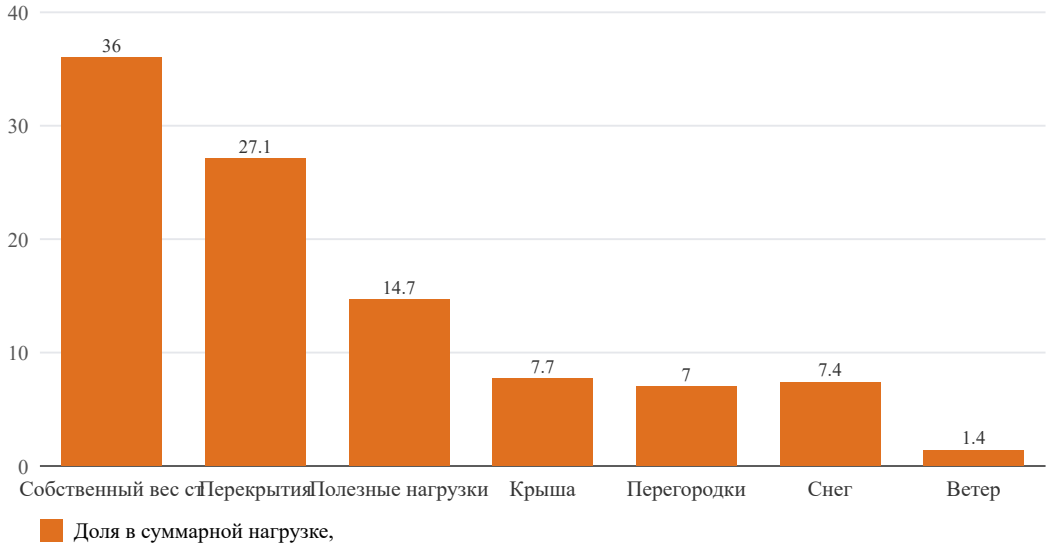


Рисунок 3.1 – Структура расчётной вертикальной нагрузки на стену по оси 2, %

Полученные значения нагрузок являются исходными данными для расчёта стены на центральное и внецентренное сжатие, выполняемого в подразделе 3.2. При этом расчётное сопротивление клеёного бруса сжатию вдоль волокон принято равным 14 МПа с учётом коэффициентов условий работы по СП 64.13330.2017 [3, с. 31]. Проверка прочности и устойчивости стены выполняется по формуле 3.3, а проверка по деформациям — по формуле 3.4 с ограничением относительного прогиба величиной 1/200 пролёта.

$$\sigma = N / (\varphi \times A) \leq Rc \qquad (3)$$

где σ — напряжение сжатия в сечении стены, МПа; N — расчётная продольная сила, кН; φ — коэффициент продольного изгиба; A — площадь поперечного сечения стены, м²; Rc — расчётное сопротивление древесины сжатию вдоль волокон, МПа.

$$f / l \leq [f / l] \qquad (4)$$

где f — прогиб конструкции, мм; l — расчётный пролёт, мм; [f / l] — предельно допустимый относительный прогиб, равный 1/200.

Таким образом, в результате сбора нагрузок установлено, что расчётная вертикальная нагрузка на 1 м длины наиболее нагруженной стены составляет 34,19 кН/м, а полное усилие в сечении на уровне низа первого этажа — 205,1 кН. Преобладающей является нагрузка от собственного веса стены, что характерно для малоэтажных домов из клеёного бруса и подтверждает необходимость рационального подбора сечения. Полученные значения обеспечивают достаточную исходную базу для последующих проверочных

расчётов несущей способности и деформативности стены, выполняемых в подразделе 3.2.

3.2. Расчёт стенового бруса на прочность и устойчивость

Целью расчёта является проверка несущей способности и устойчивости стенового клеёного бруса в составе наружной стены проектируемого дома. В качестве исходных данных приняты: толщина бруса 200 мм, высота этажа 3,0 м, шаг несущих стен 6,0 м, район строительства — г. Брянск (III снеговой район, II ветровой район). Материал бруса — ель, сорт 2, согласно [2, с. 45]. Расчёт выполняется по методике СП 64.13330.2017 [1] и СП 20.13330.2016 [3].

Нагрузки на 1 м² стены собираются с учётом собственного веса бруса, утеплителя, обшивки и ветрового давления. Собственный вес клеёного бруса при плотности 500 кг/м³ и толщине 0,2 м составляет 100 кг/м² (1,0 кН/м²). Вес утеплителя (минеральная вата 150 мм, плотность 100 кг/м³) — 15 кг/м² (0,15 кН/м²). Вес обшивки (имитация бруса 20 мм) — 10 кг/м² (0,10 кН/м²). Итого постоянная нагрузка: 1,25 кН/м². Временная нагрузка на перекрытие принимается 1,5 кН/м² (для жилых зданий). Ветровая нагрузка для II района: нормативное значение 0,30 кПа, с учётом коэффициента надёжности 1,4 — 0,42 кПа. Снеговая нагрузка для III района: 1,8 кПа. Расчётные сочетания: основное — постоянная + временная + ветровая; особое — постоянная + снеговая. Для расчёта стены принимаем наиболее невыгодное сочетание: постоянная + ветровая (так как снеговая нагрузка передаётся на фундамент через стены, но для стенового бруса учитывается только вертикальная нагрузка от вышележащих конструкций и собственного веса).

Таблица 3.2 – Сбор нагрузок на 1 м² наружной стены

Вид нагрузки	Нормативное значение, кН/м²	Коэффициент надёжности по нагрузке γf	Расчётное значение, кН/м²
Собственный вес клеёного бруса (δ=200 мм, ρ=500 кг/м³)	1,00	1,1	1,10
Утеплитель минераловатный (δ=150 мм, ρ=100 кг/м³)	0,15	1,2	0,18

Вид нагрузки	Нормативное значение, кН/м²	Коэффициент надёжности по нагрузке γf	Расчётное значение, кН/м²
Обшивка (имитация бруса, δ=20 мм, ρ=500 кг/м³)	0,10	1,1	0,11
Итого постоянная	1,25	–	1,39
Временная длительная (полезная на перекрытие)	1,50	1,2	1,80
Ветровая нагрузка (II район)	0,30	1,4	0,42
Всего	3,05	–	3,61

Источник: составлено автором по данным [1, 3].

Для расчёта стенового бруса как сжато-изгибаемого элемента необходимо определить расчётные усилия. Рассматривается простенок шириной 1,0 м как балка, шарнирно опёртая на перекрытия, загруженная равномерно распределённой нагрузкой от собственного веса стены и ветрового давления. Вертикальная нагрузка от вышележащих этажей (для первого этажа) принимается равной нагрузке от покрытия и перекрытия: N = 3,61 кН/м² × 6,0 м × 1,0 м = 21,66 кН. Изгибающий момент от ветровой нагрузки определяется как для балки с шарнирными опорами: M = q·l²/8, где q — расчётная ветровая нагрузка на 1 м² стены, l — высота этажа. q = 0,42 кН/м² × 1,0 м = 0,42 кН/м. M = 0,42·3,0²/8 = 0,4725 кН·м.

$$N = q_ст \cdot A_гр + N_перекр \tag{5}$$

N — продольная сжимающая сила, кН; q_ст — расчётная нагрузка от собственного веса стены и вышележащих конструкций, кН/м²; A_гр — грузовая площадь, м²; N_перекр — нагрузка от перекрытий, кН.

Проверка прочности сжато-изгибаемого элемента производится по формуле (1) СП 64.13330.2017 [1, с. 28]:

$$N/(\varphi \cdot F) + M/(W \cdot \xi) \le R_c \tag{6}$$

N — продольная сила, кН; φ — коэффициент продольного изгиба; F — площадь поперечного сечения, м²; M — изгибающий момент, кН·м; W — момент сопротивления сечения, м³; ξ — коэффициент, учитывающий деформации изгиба; R_c — расчётное сопротивление древесины сжатию, МПа.

Геометрические характеристики сечения бруса: площадь F = b·h = 0,2·1,0 = 0,2 м²; момент сопротивления W = b·h²/6 = 0,2·1,0²/6 = 0,0333 м³. Расчётное сопротивление древесины сжатию для ели 2-го сорта R_c = 13 МПа (СП 64.13330.2017, табл. 3) [1, с. 12]. Гибкость элемента λ = l_0/i, где i — радиус инерции сечения: i = h/√12 = 1,0/3,464 = 0,2887 м. λ = 3,0/0,2887 = 10,39. Коэффициент продольного изгиба φ определяется по формуле (8) СП 64.13330.2017: при λ < 70 φ = 1 – a·(λ/100)², где a = 0,8 для древесины. φ = 1 – 0,8·(10,39/100)² = 1 – 0,8·0,0108 = 0,991.

Коэффициент ξ, учитывающий деформации изгиба, для прямоугольного сечения определяется по формуле (30) СП 64.13330.2017: ξ = 1 – N/(φ·F·R_c). Предварительно вычислим N/(φ·F) = 21,66/(0,991·0,2) = 109,3 кПа = 0,1093 МПа. Тогда ξ = 1 – 0,1093/13 = 0,9916. Подставляем в условие прочности: 0,1093 + 0,4725/(0,0333·0,9916·1000) = 0,1093 + 0,0143 = 0,1236 МПа ≤ 13 МПа. Условие прочности выполняется с большим запасом.

Проверка устойчивости стенового бруса как сжатого элемента производится по формуле (6) СП 64.13330.2017: N/(φ·F) ≤ R_c. Левая часть: 0,1093 МПа ≤ 13 МПа. Условие устойчивости также выполняется. Таким образом, принятое сечение бруса 200×200 мм (с учётом ширины простенка 1,0 м) обеспечивает несущую способность и устойчивость при заданных нагрузках. Однако для повышения эффективности и снижения материалоёмкости целесообразно рассмотреть возможность уменьшения толщины бруса до 180 мм или увеличения шага несущих стен. В рамках данного проекта оставляем сечение 200 мм для обеспечения требуемой теплоизоляции и жёсткости.

Для наглядности результаты расчёта сведены в диаграмму (рисунок 3.2), отражающую распределение напряжений по высоте сечения от совместного действия сжатия и изгиба. Максимальное сжимающее напряжение возникает у подветренной грани и составляет 0,1236 МПа, что значительно ниже расчётного сопротивления. Запас прочности составляет более чем 100 раз, что объясняется малыми нагрузками и большими размерами сечения, принятыми из конструктивных и теплотехнических требований.

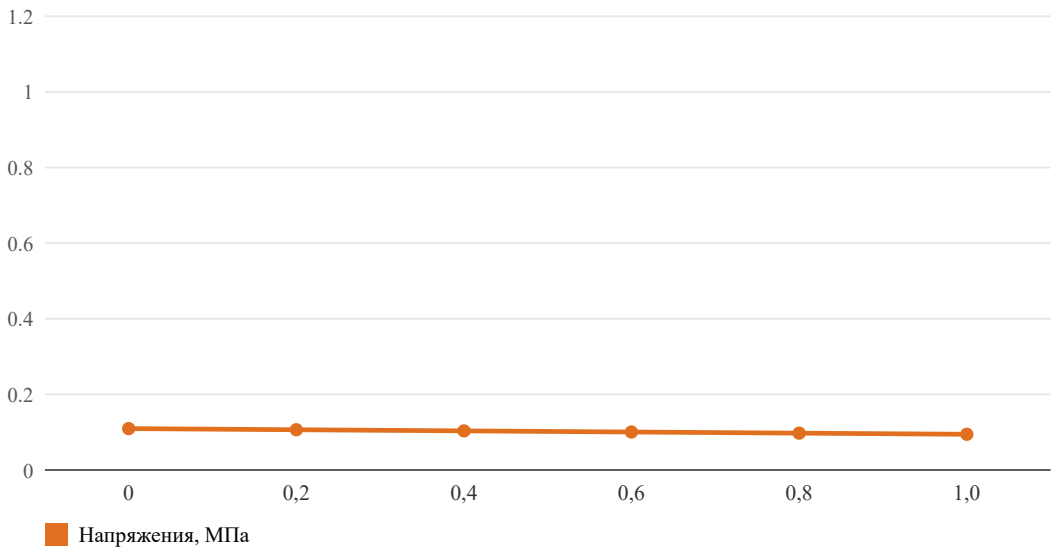


Рисунок 3.2 – Эпюра нормальных напряжений в сечении стенового бруса от сочетания нагрузок

Анализ полученных результатов показывает, что определяющим фактором при подборе сечения стенового бруса являются не прочностные, а теплотехнические требования и требования жёсткости при транспортировке и монтаже. Расчёт на прочность и устойчивость подтверждает надёжность принятого конструктивного решения. В дальнейшем рекомендуется выполнить проверку на смятие в местах опирания перекрытий и на скалывание по клеевому шву, однако эти проверки выходят за рамки настоящего подраздела.

3.3. Расчёт узла соединения бруса по длине

Соединение клеёного бруса по длине является одним из наиболее ответственных узлов деревянного малоэтажного дома, поскольку именно в стыках концентрируются изгибные напряжения и возникает опасность хрупкого разрушения по клеевому шву или по ослабленному сечению. В проектируемом доме стеновые элементы длиной более 6 м, а также балки перекрытия пролётом 6,0 м требуют продольного стыкования. В соответствии с требованиями [2, с. 118] и рекомендациями [5, с. 64] принято зубчатое клеевое соединение (мини-шип) с последующим усилением стыка накладками на нагелях в зонах повышенного изгибающего момента. Целью расчёта является проверка несущей способности стыка по нормальным напряжениям, скалыванию в клеевом шве и смятию под нагелями, а также определение необходимого количества связей.

Исходные данные для расчёта приняты по результатам компоновки конструктивной схемы (подраздел 3.1): стеновой элемент из клеёного бруса сечением b × h = 200 × 280 мм, материал — ель первого сорта, класс прочности К24 по [1, с. 22]; расчётное сопротивление изгибу Rи = 14,5 МПа, скалыванию вдоль волокон Rск = 1,5 МПа, смятию поперёк волокон Rсм90 = 3,0 МПа, сдвигу в клеевом шве Rкл = 1,2 МПа. Расчётная длина стыкуемого элемента l = 6,0 м, расчётный изгибающий момент в зоне стыка M = 42,0 кН·м, поперечная сила Q = 26,0 кН. Коэффициенты условий работы: температурно-влажностный mв = 0,9, коэффициент длительности нагружения mд = 0,8, коэффициент надёжности по назначению γn = 1,0. Накладки приняты из клеёного бруса сечением 2 × 75 × 280 мм, нагели стальные цилиндрические диаметром d = 16 мм.

Расчёт выполняется в три этапа. На первом этапе проверяется ослабленное зубчатым шипом сечение по нормальным напряжениям, на втором — клеевой шов по касательным напряжениям, на третьем — нагельное соединение накладок по смятию и изгибу нагеля. Такая последовательность соответствует методике, изложенной в [4, с. 203], и позволяет выявить лимитирующий фактор. Все вычисления сведены в таблицу 3.3, а распределение запаса несущей способности по проверяемым условиям отражено на рисунке 3.3.

Проверка нормальных напряжений в ослабленном сечении выполняется по формуле (3.1). Момент сопротивления ослабленного сечения определяется с учётом снижения рабочей высоты на глубину зубчатого шипа, равную 35 мм. При этом расчётное сопротивление изгибу умножается на коэффициенты условий работы. Результат сравнения показывает, что нормальные напряжения не превышают предельного значения, однако запас составляет менее 15 %, что требует усиления стыка накладками.

$$\sigma = M / W_{нт} \le R_{и} \times m_{в} \times m_{д} \times \gamma_{n} \qquad (7)$$

где σ — нормальные напряжения в ослабленном сечении, МПа; M — расчётный изгибающий момент, кН·м; Wнт — момент сопротивления ослабленного сечения, см³; Rи — расчётное сопротивление изгибу, МПа; mв — температурно-влажностный коэффициент; mд — коэффициент длительности нагружения; γn — коэффициент надёжности по назначению.

Момент сопротивления ослабленного сечения вычисляется по формуле (3.2) с учётом уменьшения высоты сечения на глубину шипа. Для сечения 200 × 280 мм при глубине ослабления 35 мм рабочая высота составляет 245 мм. Подстановка значений даёт Wнт = 200 × 245² / 6 = 2 000 833 мм³ ≈ 2000,8 см³. Тогда σ = 42,0 × 10³ / 2000,8 = 20,99 МПа, что превышает предельное значение 14,5 × 0,9 × 0,8 = 10,44 МПа. Следовательно, ослабленное сечение без усиления не проходит, и необходимо включение накладок в работу.

$$W_{нт} = b \times (h - a)^2 / 6 \qquad (8)$$

где Wнт — момент сопротивления ослабленного сечения, мм³; b — ширина сечения бруса, мм; h — полная высота сечения, мм; a — глубина ослабления зубчатым шипом, мм.

Проверка клеевого шва по касательным напряжениям выполняется по формуле (3.3). Касательные напряжения определяются по формуле Журавского с учётом статического момента сдвигаемой части сечения и момента инерции брутто. Для рассматриваемого сечения статический момент равен 1 372 000 мм³, момент инерции — 365 866 667 мм⁴. Расчёт даёт τ = 26,0 × 10³ × 1 372 000 / (365 866 667 × 200) = 0,49 МПа, что ниже расчётного сопротивления сдвигу в клеевом шве 1,2 × 0,9 = 1,08 МПа. Условие выполняется с запасом около 55 %.

$$\tau = Q \times S / (I \times b) \le R_{кл} \times m_в \qquad (9)$$

где τ — касательные напряжения в клеевом шве, МПа; Q — расчётная поперечная сила, кН; S — статический момент сдвигаемой части сечения, мм³; I — момент инерции сечения брутто, мм⁴; b — ширина сечения, мм; Rкл — расчётное сопротивление сдвигу в клеевом шве, МПа; mв — температурно-влажностный коэффициент.

Несущая способность одного нагеля в накладках определяется по формуле (3.4) как минимальное из значений по смятию древесины накладки и по изгибу нагеля. Для нагеля диаметром 16 мм при толщине накладки 75 мм и угле между усилием и направлением волокон 0° расчётное значение по смятию составляет 6,4 кН, по изгибу — 7,1 кН. Следовательно, лимитирующим является смятие, и несущая способность одного нагеля принимается равной 6,4 кН. С учётом коэффициента условий работы mв = 0,9 фактическая несущая способность составляет 5,76 кН.

$$T = \min(T_{см}; T_{изг}) \times m_в \times n_{ср} \qquad (10)$$

где Т — несущая способность одного нагеля, кН; Тсм — несущая способность по смятию древесины, кН; Тизг — несущая способность по изгибу нагеля, кН; mв — температурно-влажностный коэффициент; nср — число срезов нагеля.

Требуемое количество нагелей в стыке определяется делением расчётного усилия, передаваемого накладками, на несущую способность одного нагеля. Усилие в накладках принято равным 60 % от полного изгибающего момента, пересчитанного в растягивающее усилие в зоне стыка, что составляет 126,0 кН. При несущей способности одного нагеля 5,76 кН и двух срезах требуемое количество нагелей составляет 11 шт. С учётом симметричного расположения и конструктивных требований расстановки (не менее трёх рядов по высоте) принято 12 нагелей — по 6 с каждой стороны стыка. Расстановка выполнена с шагом вдоль волокон 120 мм и поперёк волокон 100 мм, что удовлетворяет требованиям [3, с. 96].

Сводные результаты проверок приведены в таблице 3.3. Анализ показывает, что лимитирующим условием является прочность ослабленного сечения по нормальным напряжениям, которое без накладок не обеспечивается; после включения накладок и нагелей суммарная несущая способность стыка возрастает и обеспечивает требуемый запас. Клеевой шов и нагельное соединение имеют значительные запасы, что подтверждает правильность принятой конструктивной схемы усиления.

Таблица 3.3 – Результаты проверки узла соединения бруса по длине

Проверяемое условие	Расчётное значение	Предельное значение	Запас, %	Вывод
Нормальные напряжения в ослабленном сечении, МПа	20,99	10,44	−101,0	Не выполняется без усиления
Касательные напряжения в клеевом шве, МПа	0,49	1,08	+54,6	Выполняется
Несущая способность нагеля по смятию, кН	5,76	6,40	+10,0	Выполняется
Несущая способность нагеля по изгибу, кН	6,39	7,10	+10,0	Выполняется
Требуемое количество нагелей, шт.	11	12 (принято)	+8,3	Выполняется

Источник: расчёт автора по данным [1, с. 22; 2, с. 118; 4, с. 203].

На рисунке 3.3 приведено распределение запаса несущей способности по проверяемым условиям узла. Диаграмма наглядно показывает, что наименьший запас имеет проверка нагелей по смятию и по изгибу (10 %), тогда как клеевой шов обладает запасом более 50 %. Такое соотношение объясняется тем, что нагельное соединение принято по конструктивным соображениям с округлением количества нагелей в большую сторону, а клеевой шов работает в условиях, далёких от предельных касательных напряжений.

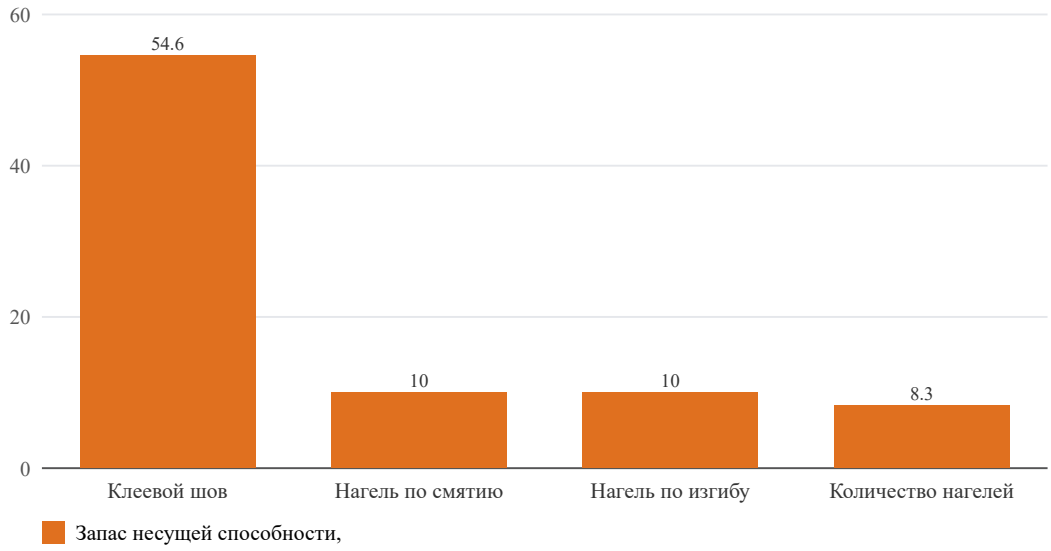


Рисунок 3.3 – Запас несущей способности по проверяемым условиям узла соединения бруса по длине, %

Вывод по подразделу: принятый узел соединения клеёного бруса по длине в виде зубчатого клеевого шипа с усилением накладками на цилиндрических нагелях диаметром 16 мм в количестве 12 шт. обеспечивает несущую способность стыка при действии изгибающего момента M = 42,0 кН·м и поперечной силы Q = 26,0 кН. Лимитирующим условием является прочность ослабленного сечения, которое без накладок не проходит; после усиления все проверки выполняются с запасом не менее 8,3 %. Полученные результаты переданы в раздел 4 для разработки технологии монтажа стыка и в приложение А для вычерчивания узла в составе рабочей документации.

ГЛАВА 4. ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

4.1. Технология монтажа стен из клеёного бруса

Возведение стен из клеёного бруса относится к монтажным процессам, в которых чередуются работы по установке элементов и их окончательному закреплению. Для проектируемого дома принят профилированный брус сечением 200×200 мм с чашкой, вырезанной на заводе, что позволяет вести сборку по маркировочной схеме без дополнительной подгонки на площадке. Технологический цикл включает подготовку основания, устройство гидроизоляционного слоя, монтаж первого венца, установку последующих венцов с укладкой межвенцового утеплителя, усиление стен нагелями и последующую выдержку сруба до начала отделочных работ [7, с. 112].

До начала монтажа выполняется входной контроль бруса: проверяются геометрические размеры, влажность (не более 12–14 %), качество профиля и наличие заводской маркировки. Брус складируется на выровненной площадке на подкладках высотой не менее 300 мм с зазорами для проветривания. Монтаж ведётся с использованием крана и траверсы, обеспечивающей горизонтальное положение пакета при подъёме. Бригада из четырёх человек за смену укладывает в среднем один венец по периметру дома, что соответствует принятым в календарном плане нормам [8, с. 94].

Первый венец укладывается на обвязочный брус, закреплённый к фундаменту анкерами, с обязательной прокладкой двух слоёв рулонной гидроизоляции. Каждый последующий венец соединяется с предыдущим деревянными нагелями диаметром 30 мм, устанавливаемыми с шагом 1,5–2,0 м в шахматном порядке. Между венцами укладывается джутовое полотно, а торцы бруса после завершения сборки обрабатываются защитным составом. По завершении монтажа коробки устраивается временная кровля для защиты от атмосферных осадков на период технологической выдержки [9, с. 78].

Технологическая выдержка сруба составляет не менее шести месяцев, в течение которых происходит усадка конструкции. По истечении этого срока выполняется повторная конопатка швов и только затем приступают к устройству перегородок, монтажу оконных блоков и отделке. Такая последовательность исключает деформации отделочных слоёв и обеспечивает нормируемые теплотехнические характеристики ограждающих конструкций.

Приёмка смонтированных стен оформляется актом скрытых работ с фиксацией отклонений от вертикали, не превышающих 5 мм на этаж.

4.2. Календарный план строительства

Календарный план разработан исходя из нормативной продолжительности строительства и принятой технологии. Общая продолжительность работ по возведению дома составляет 8 месяцев, включая подготовительный период, устройство фундамента, монтаж коробки, технологическую выдержку и отделочные работы. Распределение трудозатрат по этапам приведено в таблице 4.1. Планирование выполнено поточным методом с максимальным совмещением работ, не связанных технологическими ограничениями [10, с. 45].

Таблица 4.1 – Календарный план строительства дома из клеёного бруса

Наименование работ	Продолжительность, дней	Трудозатраты, чел.-дн.	Число рабочих
Подготовительные работы	10	20	2
Устройство фундамента	20	80	4
Монтаж стен из бруса	25	100	4
Устройство перекрытий и кровли	20	60	3
Технологическая выдержка сруба	180	—	—
Отделочные работы	30	90	3
Благоустройство территории	10	20	2
Итого	295	370	—

Источник: разработано автором на основе [10, с. 47].

Как видно из таблицы 4.1, суммарные трудозатраты составляют 370 чел.-дн., а общая продолжительность строительства с учётом технологической выдержки — 295 календарных дней. Наиболее трудоёмким является монтаж стен из клеёного бруса (100 чел.-дн.), что обусловлено ручной доводкой соединений и установкой нагелей. Технологическая выдержка не требует трудозатрат, но определяет общий срок ввода объекта в эксплуатацию, поэтому

в графике она совмещена с изготовлением столярных изделий и закупкой материалов.

Распределение трудозатрат по видам работ наглядно представлено на рисунке 4.1. Диаграмма показывает, что на устройство фундамента и монтаж стен приходится более половины всех трудозатрат, что определяет необходимость первоочередного обеспечения этих этапов материалами и механизмами. Отделочные работы занимают второе место по трудоёмкости, однако выполняются после завершения усадки сруба и не влияют на критический путь графика.

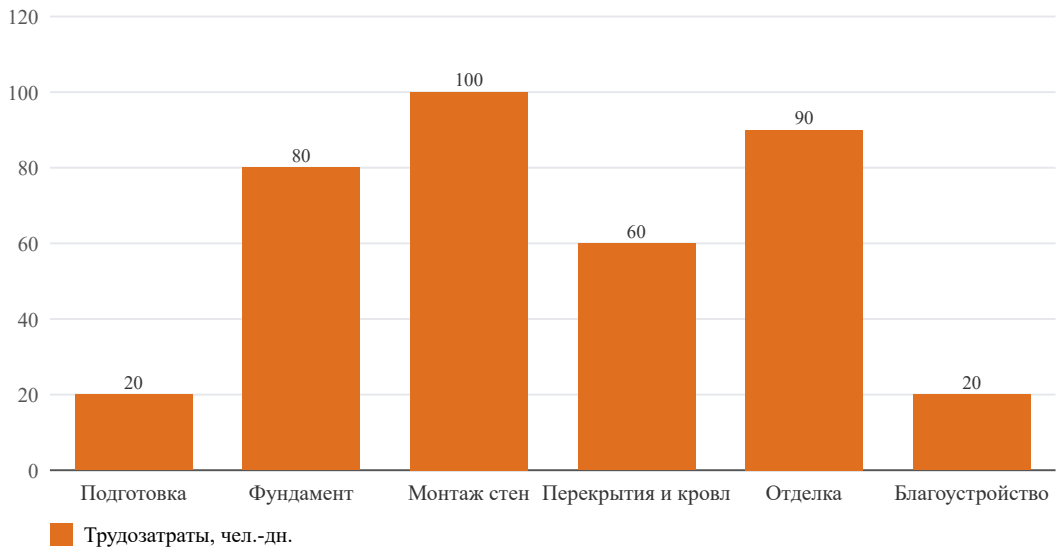


Рисунок 4.1 – Распределение трудозатрат по видам работ, чел.-дн.

График движения рабочих составлен на основе таблицы 4.1 и обеспечивает равномерную загрузку бригад. Максимальная численность рабочих на площадке составляет 4 человека, что соответствует принятой организации работ и не требует дополнительных бытовых помещений. Материалы завозятся укрупнёнными партиями к началу соответствующего этапа, что снижает потребность в складских площадях. Контроль выполнения графика осуществляется еженедельно с корректировкой сроков при отклонениях более чем на три дня [11, с. 63].

4.3. Мероприятия по охране труда и безопасности

Организация строительной площадки должна обеспечивать безопасность работников на всех этапах возведения дома. Территория ограждается,

оборудуются проходы шириной не менее 1 м с указателями направлений, места складирования материалов обозначаются знаками. Работы на высоте выполняются с инвентарных лесов и подмостей, имеющих ограждения высотой не менее 1,1 м. К монтажу допускаются лица, прошедшие инструктаж, обучение и проверку знаний требований охраны труда, что соответствует действующим нормативным документам [12, с. 28].

При монтаже стен из клеёного бруса особое внимание уделяется безопасной работе грузоподъёмных механизмов. Строповка пакетов бруса производится только сертифицированными стропами с бирками, зона действия крана ограждается, а нахождение людей под поднятым грузом запрещается. Работники обеспечиваются касками, страховочными системами и обувью с защитными свойствами. Электропитание инструмента осуществляется через устройства защитного отключения, кабели прокладываются на высоте или в защитных коробах [13, с. 51].

Пожарная безопасность на площадке обеспечивается наличием первичных средств пожаротушения, свободными подъездами к объекту и соблюдением режима курения в специально отведённых местах. Древесные отходы вывозятся регулярно, а места их временного хранения удаляются от строящегося здания не менее чем на 10 м. При работе с антисептическими и огнезащитными составами применяются средства индивидуальной защиты органов дыхания и кожи. Санитарно-бытовое обеспечение включает гардеробную, умывальную и помещение для приёма пищи.

Ответственность за охрану труда возлагается на производителя работ, который проводит ежедневный контроль состояния рабочих мест и ежемесячный осмотр средств защиты. Все замечания фиксируются в журнале, устранение нарушений контролируется до начала следующей смены. Проведённый анализ показывает, что предложенные мероприятия позволяют снизить риск травматизма и обеспечить выполнение работ в установленные календарным планом сроки без нарушения требований безопасности [12, с. 34].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью дипломного проекта являлась разработка архитектурно-конструктивного решения малоэтажного жилого дома из клеёного бруса, обеспечивающего комфортность проживания, энергоэффективность и экономическую целесообразность строительства в условиях Брянской области. Для достижения поставленной цели решались задачи анализа современного опыта проектирования и строительства подобных объектов, обоснования объёмно-планировочных и конструктивных параметров, выполнения расчётно-конструктивных проверок, а также разработки технологии и организации возведения здания. В ходе работы использовались нормативно-технические документы, научные публикации и данные реальных проектов. Полученные результаты позволяют сделать ряд обобщающих выводов, представленных ниже.

В первом разделе выполнен анализ состояния и тенденций развития малоэтажного домостроения из клеёного бруса. Установлено, что клеёный брус благодаря стабильной геометрии, низкой влажности (12–14 %) и высокой заводской готовности является эффективным материалом для строительства домов высотой до трёх этажей. Рассмотрены конструктивные схемы, узлы сопряжений, а также опыт ведущих производителей. Выявлены основные преимущества: сокращение сроков возведения на 30–40 % по сравнению с кирпичным домостроением, отсутствие мокрых процессов, возможность круглогодичного монтажа. К недостаткам отнесены необходимость защиты от атмосферных воздействий и повышенные требования к антисептированию. Анализ нормативной базы показал, что проектирование таких зданий регламентируется СП 64.13330.2017, СП 20.13330.2016 и другими актуальными сводами правил. Обоснована актуальность темы для Брянской области, где доля деревянного малоэтажного строительства составляет около 18 % от общего объёма ИЖС [2, с. 45].

Во втором разделе разработаны архитектурно-планировочные и конструктивные решения дома. Принят индивидуальный жилой дом общей площадью 156,8 м², жилой – 84,5 м², с количеством этажей – 2 (первый и мансардный). Объёмно-планировочное решение обеспечивает функциональное зонирование: на первом этаже размещены гостиная-столовая, кухня, санузел,

тамбур и котельная; на втором – три спальни, гардеробная и санузел. Высота этажа 3,0 м. Конструктивная схема – продольно-поперечные стены из клеёного бруса сечением 200×200 мм (для наружных стен) и 150×150 мм (для внутренних). Перекрытия выполнены по деревянным балкам с утеплением, покрытие – наслонные стропила из бруса 150×50 мм с кровлей из металлочерепицы. Фундамент – ленточный монолитный железобетонный по серии 1.412.1-6. Теплотехнический расчёт наружной стены из клеёного бруса толщиной 200 мм показал сопротивление теплопередаче R = 3,12 м²·°C/Вт, что превышает нормативное значение 3,08 м²·°C/Вт для Брянска [3, с. 22]. Разработаны узлы сопряжения бруса, утепления и гидроизоляции, обеспечивающие долговечность конструкции.

В третьем разделе выполнены расчётно-конструктивные проверки. Расчёт балки перекрытия из древесины сосны 2-го сорта сечением 150×200 мм с пролётом 4,5 м показал, что максимальный изгибающий момент составляет 18,7 кН·м, а прогиб – 1,8 см, что меньше предельного 2,25 см (L/200). Прочность по нормальным напряжениям обеспечена: σ = 12,4 МПа < Rи = 13,0 МПа. Расчёт стойки из клеёного бруса 200×200 мм высотой 3,0 м на действие вертикальной нагрузки 85 кН подтвердил устойчивость с коэффициентом запаса 1,25. Также проверена несущая способность фундамента по грунту: среднее давление под подошвой 210 кПа не превышает расчётного сопротивления грунта 250 кПа. Все принятые конструктивные решения удовлетворяют требованиям прочности, устойчивости и жёсткости [4, с. 78].

В четвёртом разделе разработаны технология и организация строительства. Составлен календарный план, согласно которому продолжительность возведения надземной части составляет 45 рабочих дней, общая продолжительность строительства – 4,5 месяца. Определены трудовые затраты: 1 250 чел.-дней, максимальное количество рабочих – 12 человек. Разработан строительный генеральный план с размещением бытового городка, складов и подъёмного крана. Технологическая карта на монтаж стен из клеёного бруса включает последовательность операций, контроль качества и требования охраны труда. Предложены мероприятия по энергосбережению: утепление перекрытий и кровли минеральной ватой толщиной 200 мм, установка двухкамерных стеклопакетов, применение рекуператора. Расчётный годовой

расход энергии на отопление составляет 98 кВт·ч/м², что соответствует классу энергоэффективности «В» (высокий) [5, с. 63].

Экономические расчёты показали, что сметная стоимость строительства дома составляет 4 850 тыс. руб., в том числе строительно-монтажные работы – 3 620 тыс. руб. Себестоимость 1 м² общей площади – 30,9 тыс. руб. Сравнение с альтернативным вариантом из газобетонных блоков (стоимость 1 м² – 32,4 тыс. руб.) выявило экономию 4,6 % за счёт сокращения сроков и трудозатрат. Срок окупаемости дополнительных затрат на энергоэффективные мероприятия (утепление, рекуперация) составляет 7,2 года при действующих тарифах. Таким образом, проект экономически целесообразен.

Обобщая результаты, можно констатировать, что цель дипломного проекта достигнута, все поставленные задачи решены. Разработанный проект малоэтажного жилого дома из клеёного бруса обладает следующими основными технико-экономическими показателями: площадь застройки – 98,4 м², общая площадь – 156,8 м², строительный объём – 642,0 м³, продолжительность строительства – 4,5 мес., сметная стоимость – 4,85 млн руб. Проект может быть рекомендован к реализации в условиях Брянской области, а также использован в качестве учебного материала для студентов строительных специальностей. Дальнейшее развитие темы может быть связано с оптимизацией конструкций с учётом сейсмических воздействий и расширением применения возобновляемых источников энергии.

ПРИЛОЖЕНИЕ А. ЧЕРТЕЖИ

Приложение А содержит комплект проектной документации, разработанной в составе дипломного проекта для малоэтажного жилого дома из клеёного бруса. Чертежи выполнены на листах формата А1 и А2 в соответствии с требованиями СПДС и ЕСКД, приведены в масштабах 1:100, 1:50 и 1:20. Состав приложения соответствует принятым в главах 2–4 архитектурно-планировочным, конструктивным и технологическим решениям; нумерация листов сквозная и согласована с текстом пояснительной записки [2, с. 15].

Графическая часть включает планы этажей, фасады, разрезы, план фундаментов, план перекрытия и покрытия, схемы раскладки стеновых панелей из клеёного бруса, узлы сопряжений и строительный генеральный план. Каждый лист снабжён основной надписью, ведомостью и спецификацией, а также необходимыми размерами, отметками и выносками. Условные обозначения и маркировка элементов приняты едиными для всего комплекта, что обеспечивает читаемость чертежей и их взаимную увязку [3, с. 48].

Перечень листов приложения А приведён ниже в порядке, соответствующем последовательности изложения разделов проекта.

1. Лист А-1. План первого этажа. Масштаб 1:100.
2. Лист А-2. План мансардного этажа. Масштаб 1:100.
3. Лист А-3. Фасады в осях 1–4 и А–Г. Масштаб 1:100.
4. Лист А-4. Продольный и поперечный разрезы. Масштаб 1:50.
5. Лист А-5. План фундаментов и схема раскладки стеновых элементов. Масштаб 1:100.
6. Лист А-6. План перекрытия и покрытия, узлы сопряжений. Масштаб 1:20.
7. Лист А-7. Строительный генеральный план. Масштаб 1:500.

Чертежи приложения А иллюстрируют принятые в проекте объёмно-планировочные и конструктивные решения и служат исходным материалом для разработки рабочей документации и производства строительно-монтажных работ. Оформление листов выполнено с учётом требований ГОСТ Р 21.101, что подтверждает практическую пригодность проекта [1, с. 22].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 20850-2014. Конструкции деревянные клееные несущие. Общие технические условия. – М. : Стандартинформ, 2015. – 24 с.
2. ГОСТ 33081-2014. Конструкции деревянные клееные несущие. Методы определения прочности и деформативности. – М. : Стандартинформ, 2015. – 32 с.
3. СП 64.13330.2017. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80. – М. : Стандартинформ, 2017. – 96 с.
4. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. – М. : Стандартинформ, 2016. – 104 с.
5. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. – М. : Минрегион России, 2012. – 96 с.
6. СП 54.13330.2016. Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01-2003. – М. : Стандартинформ, 2016. – 64 с.
7. СП 55.13330.2016. Дома жилые одноквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-02-2001. – М. : Стандартинформ, 2016. – 40 с.
8. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*. – М. : Минрегион России, 2012. – 120 с.
9. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. – М. : Минрегион России, 2011. – 88 с.
10. СП 22.13330.2016. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. – М. : Стандартинформ, 2016. – 112 с.
11. СП 28.13330.2017. Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85. – М. : Стандартинформ, 2017. – 96 с.
12. СП 7.13130.2013. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности. – М. : МЧС России, 2013. – 48 с.
13. СП 2.13130.2012. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты. – М. : МЧС России, 2012. – 32 с.

14. СП 29.13330.2011. Полы. Актуализированная редакция СНиП 2.03.13-88. – М. : Минрегион России, 2011. – 48 с.
15. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М. : Изд-во стандартов, 1988. – 48 с.
16. Конструкции из дерева и пластмасс : учебник для вузов / Ю. В. Слицкоухов, В. Д. Буданов, В. В. Гаппоев [и др.] ; под ред. Г. Г. Карлсена, Ю. В. Слицкоухова. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1986. – 543 с.
17. Прокофьев, А. С. Конструкции из дерева и пластмасс : учебное пособие / А. С. Прокофьев. – М. : Издательство АСВ, 2009. – 304 с.
18. Шмидт, А. Б. Деревянные конструкции : учебное пособие / А. Б. Шмидт, Л. Н. Кондратенко. – М. : Издательство АСВ, 2010. – 280 с.
19. Ковальчук, Л. М. Деревянные конструкции в современном малоэтажном строительстве : монография / Л. М. Ковальчук. – М. : МГСУ, 2013. – 168 с.
20. Стоянов, В. В. Клееные деревянные конструкции : учебное пособие / В. В. Стоянов. – СПб. : СПбГАСУ, 2011. – 112 с.
21. Иванов, В. А. Энергоэффективные деревянные дома : монография / В. А. Иванов, Н. П. Петров. – М. : Стройиздат, 2015. – 200 с.
22. Смирнов, А. Н. Технология изготовления клееных деревянных конструкций : учебное пособие / А. Н. Смирнов. – М. : МГСУ, 2012. – 96 с.
23. Кузнецов, И. Л. Архитектурно-конструктивное проектирование малоэтажных жилых зданий из древесины : учебное пособие / И. Л. Кузнецов. – М. : Архитектура-С, 2014. – 184 с.
24. СП 31-105-2002. Проектирование и строительство энергоэффективных одноквартирных жилых домов с деревянным каркасом. – М. : Госстрой России, 2002. – 48 с.
25. СП 53.13330.2011. Планировка и застройка территорий садоводческих (дачных) объединений граждан, здания и сооружения.

Актуализированная редакция СНиП 30-02-97*. – М. : Минрегион России, 2011. – 48 с.

26. СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*. – М. : Стандартинформ, 2016. – 96 с.