

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерно-строительный институт  
Кафедра проектирования зданий и экспертизы недвижимости

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
Р.А. Назиров  
подпись      инициалы, фамилия  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021г.

## МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Развитие малоэтажного деревянного домостроения в г. Красноярск  
тема

08.04.01 «Строительство»  
код и наименование направления

08.04.01.04 «Проектирование зданий. Энерго- и ресурсосбережение»  
код и наименование магистерской программы

Научный руководитель	_____	<u>доцент, к.т.н.</u>	<u>Е.М.Сергуничева</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____		<u>П.А. Паньков</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Рецензент	_____	_____	_____
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия

Красноярск 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Глава 1. Деревянное домостроение .....	4
1.1 Перспективы развития малоэтажного деревянного домостроения .....	4
1.2 Зарубежный опыт проектирования и строительства.....	5
1.2.1 Конструктивные решения .....	5
1.2.2 Архитектурные решения .....	6
1.2.3 Инженерные решения.....	19
1.2.4 Основные нормы и требования .....	25
1.3 Отечественный опыт проектирования и строительства .....	26
1.3.1 Конструктивные решения .....	26
1.3.2 Архитектурные решения .....	30
1.3.3 Инженерные решения.....	41
1.3.4 Основные нормы и требования .....	46
1.4 Деревянное домостроение в Сибири .....	47
Выводы по 1-й главе .....	52
2 Глава 2. Методы исследования .....	53
2.1 Теплообмен в воздушной прослойке .....	53
2.2 Математическая модель .....	54
2.3 Условия однозначности.....	55
2.3.1 Геометрические условия, описывающие форму и размеры тела, в котором протекает процесс.....	56
2.3.2 Физические условия, характеризующие физические свойства тела ....	56
2.3.3 Граничные условия, характеризующие взаимодействие окружающей среды с поверхностью тела.....	57
Выводы по 2-й главе .....	58
3 Глава 3. Результаты численного исследования.....	59
3.1 Конвективный теплообмен в воздушной прослойке.....	59
3.2 Температурные характеристики .....	60
3.3 Температурно-влажностные характеристики .....	62
Выводы по 3-й главе .....	65
4 Глава 4. Экономическая оценка.....	66
4.1 Краткая характеристика и описание ограждающих конструкций из клееного бруса .....	66
4.2 Локальный сметный расчет ограждающих конструкций .....	68
4.3 Экономическая оценка .....	68
Выводы по 4-й главе .....	70
Заключение .....	71
Список использованных источников .....	72
Приложение А .....	74

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность и масштабность вопроса подтверждается тем, что на сегодняшний день стратегией развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года № 312-р предусмотрено увеличение доли продукции деревянного домостроения. К 2030 году производство деревянных домов в России будет расти на 3 процента в год и составит 13,6 млн. кв. метров.

К основным преимуществам древесины можно отнести: экологичность, долговечность, небольшой срок строительства и низкую теплопроводность.

В условиях Сибири строительство из дерева в чистом виде без дополнительного утепления требует большой толщины стен, что влечет за собой высокую стоимость, а это значит, что востребованность таких домов будет крайне мала.

Для востребованности в условиях Сибири необходима ограждающая конструкция из древесины в чистом виде без дополнительного утепления, имеющая небольшую толщину стены и невысокую стоимость.

Цель исследования: Разработка рекомендаций по проектированию для развития малоэтажного деревянного домостроения в г. Красноярск.

Задачи исследования:

1) Выполнить исследование отечественного и зарубежного опытов проектирования деревянного домостроения. На основе анализа предложить техническое решение для деревянного домостроения в условиях г. Красноярска.

2) Провести численное исследование процесса теплообмена воздушной прослойки.

3) Провести исследование влияния толщины воздушной прослойки на тепловлажностные характеристики наружных ограждающих конструкций.

4) Провести экономическую оценку перспектив использования предложенных технических решений.

## 1 Глава 1. Деревянное домостроение

### 1.1 Перспективы развития малоэтажного деревянного домостроения

Древесина является лучшим строительным материалом для жилищного строительства с экологической точки зрения и абсолютно безвредным для здоровья человека. Помимо низкой цены строительства и, как следствие, доступности, деревянный дом обладает привлекательными эксплуатационными характеристиками: теплопроводностью, теплоотдачей, энергосбережением и энергоэффективностью.

Однако в России существует "деревянный парадокс". Он заключается в том, что древесина является самым распространенным и доступным строительным материалом в нашей стране, но при этом жилищная проблема по-прежнему остается самой острой социальной проблемой. Причина – неспособность федерального и регионального руководства отечественного строительного комплекса организовать приоритетное крупномасштабное производство малоэтажных деревянных домов в России.

Важно сместить интересы российских граждан, которым необходимо улучшить свои жилищные условия, в сторону экологически чистого и недорогого жилья при строительстве и эксплуатации. Именно этим требованиям отвечает деревянное домостроение, обладающее практически неисчерпаемыми и быстро возобновляемыми ресурсами.

Разумеется, в российском жилищно-строительном комплексе существует множество проблем и причин, которые не позволяют эффективно использовать имеющийся потенциал лесной и деревообрабатывающей отраслей народного хозяйства. В частности, на сегодняшний день не решен ряд ключевых проблем: сложность функционирования рынка; низкая инвестиционная активность; расхождение экономических интересов участников строительства; слабая роль государства в управлении всей экономической системой и, в частности, капитальным строительством [10].

Можно продолжить перечислять проблемы и причины, объясняющие, почему в нашей стране, обладающей достаточными запасами леса, древесина плохо используется для жилищного строительства. Но ограничимся только тем, что представлено выше, поскольку выявление и констатация проблем и причин не снимает вопрос о необходимости использования древесины в целях повышения качества жилищного строительства.

Как было сказано ранее, древесина является одним из наиболее экологичных и эстетически привлекательных материалов, используемых в строительстве.

Основные мотивы, согласно которым приоритеты российских потребителей склоняются к деревянному домостроению [2]:

– экологичность – древесина не только считается самым здоровым стройматериалом для дома, но и наиболее комфортным в плане создания физического и психологического комфорта для человека;

- высокая теплоемкость – правильно сконструированный деревянный дом позволяет сэкономить средства на обогреве помещения;
- потенциальная доступность древесины как сырьевой базы благодаря обширным ресурсам страны и программе государственного развития отрасли;
- короткий срок строительства по сравнению с железобетонными и кирпичными домами.

## **1.2 Зарубежный опыт проектирования и строительства**

### **1.2.1 Конструктивные решения**

В Германии предпочтение отдается домам с массивными стенами необходимой толщины, выполненными из цельной (на обычных гвоздях или нагелях) или клееной древесины. Обычно дома производятся на небольших заводах. Они характеризуются высоким качеством изготовления, обладают большой тепловой инерцией. Для их производства нет необходимости организовывать поставки теплоизоляции, пароизоляции и других разнородных материалов от разных производителей.

В Скандинавских странах, наиболее близких к России по климату, широко распространены энергоэффективные деревянные каркасные дома. В настоящее время в отдаленных районах интенсивно строятся малоэтажные модульные дома. Для повышения энергоэффективности они используют систему принудительной вентиляции с рекуперацией (теплообменником) удаляемого и поступающего воздуха. Модули имеют чистовую отделку и оснащены инженерным оборудованием, которое подключается к единой системе при монтаже дома.

Модули наиболее эффективно используются в северном климате, где очень короткий период теплого сезона, который является наиболее благоприятным для строительства, и существует нехватка квалифицированных рабочих. Короткие сроки строительства позволяют планировать расходы без корректировки сметы из-за инфляции или изменения рыночных цен на материалы и услуги. Это повышает инвестиционную привлекательность таких домов, особенно при использовании заемных средств. К тому же использование модулей полной заводской готовности обеспечивает гарантию качества, позволяет минимизировать трудозатраты на строительной площадке и снизить зависимость от погодных-климатических условий. Это особенно важно при строительстве в северном климате, где имеется дефицит квалифицированных рабочих кадров строительного профиля.

В Соединенных Штатах интенсивно производятся клееные конструкции. Это связано с тем, что в доступных районах лесозаготовок значительно сократились запасы деловой древесины хвойных пород большого диаметра, пригодной для конструкционного использования. Транспортные расходы на доставку сырья существенно влияют на конкурентоспособность производимых строительных материалов и, соответственно, возводимых зданий и сооружений.

Цельная древесина имеет много сучков, трещин и других естественных дефектов, которые являются довольно большими, сосредоточенными ослаблениями. В клееной древесине естественные пороки распределяются по объему более равномерно, благодаря чему крупные дефекты не попадают в одно сечение. Поэтому клееная древесина имеет более стабильные показатели прочности. В результате потенциал древесины используется более эффективно, уменьшается материалоемкость несущих конструкций.

Эти функциональные преимущества способствовали интенсивному развитию производства клееных конструкций не только из хвойной древесины, но и из более дешевой, быстро растущей осины, клена, березы и др. Конструкции стали клеить не только из досок, но и из шпона, волокна которого располагают в клееном пакете в одном (продольном) направлении. Полученный легкий и прочный материал назвали LVL. Использование шпона позволило уйти от цилиндрической анизотропии древесины, которая является основной причиной возникновения больших внутренних напряжений, вызывающих неравномерные деформации и растрескивание конструкций (особенно при неравномерном изменении их влажности при эксплуатации). Поэтому устойчивость конструкций из LVL, а также стабильность показателей прочности значительно выше, чем клеенных из досок, и тем более изготовленных из цельной древесины.

## **1.2.2 Архитектурные решения**

### **1.2.2.1 Архитектурные стили**

Существует огромное количество архитектурных стилей, но рассмотрим только те стили, в которых древесина используется в качестве основного строительного материала.

На нашей планете принято различать две лесополосы: северную и южную (экваториальную). Поскольку на особенности жилищного строительства, и особенно деревянного домостроения, влияет природный фактор, поэтому мы коснемся только архитектурных стилей деревянного зодчества северной лесополосы. Это территории России, Европы, США и Канады..

## Шале, австрийский и альпийский стили



Рисунок 1.1 – Деревянный дом в стиле шале

Дома в стиле шале отличаются каменным цокольным этажом и деревянным мансардным этажом. В то же время четкого разделения по этажам нет, так как на больших уклонах этажи строятся уступами, со смещением. Стиль зародился в горах, где много камня, его нужно только обработать, но лесов мало, поэтому их нужно беречь.

В качестве строительного материала одновременно используются как камень, так и дерево. Камень используется для строительства фундамента и первого этажа дома в стиле шале. В горах, где возможны землетрясения, дом должен быть либо максимально прочным, либо легко восстанавливаемым. Пастухи в Альпах выбрали первый вариант.



Рисунок 1.2 – Ярусные дома в альпийском стиле шале



Для увеличения жилой площади дома используется пространство под крышей – получается жилой чердак. Мансардный этаж сделан из бревна или бруса – он и теплый, и достаточно прочный. Кроме того, стены из цельного дерева легче переносят снеговую нагрузку.

Крыша двускатная. Угол наклона крыши небольшой, около 25-30 градусов. Благодаря этому на чердаке нет большой разницы в высоте, в то же время высота стен чердака имеет достаточную высоту для полного использования всего пространства. В то же время снег зимой не сходит с крыши, тем самым утепляя ее. Свесы крыши большие, чтобы защитить стены от осадков, а также чтобы увеличить площадь крыши и задержать снег силами трения.

Внутренние пространства небольшие с учетом минимальных потребностей и экономии материалов. Но снаружи, под карнизом крыши, организованы террасы, сделаны балконы. В целом дома лишены излишеств, декоративных элементов.

#### Стиль Фахверк, немецкий стиль



Рисунок 1.3 – Каркасные деревянные дома фахверк

Фахверк-это прообраз каркасного домостроения. Из-за отсутствия большого количества строительного материала и необходимости дешевого строительства появился стиль, в основе которого лежала каркасная деревянная конструкция из бруса и досок. Пустоты каркаса были заполнены соломой, глиной, глиной и камнями. Сам каркас не закрывался.

Именно открытый каркас является характерным отличием этого стиля.

Строительство таких домов было достаточно экономичным и доступным для нескольких человек, так как не использовались очень тяжелые строительные материалы. Сам каркас не декорировался, красился в темные тона, а заполненные пустоты штукатурились и красились в светлые тона. При необходимости конструкция могла достраиваться как вширь, так и ввысь.

В современном варианте при строительстве дома в фахверковом стиле в качестве наполнителя стали использоваться различные теплоизоляционные



материалы: эковата, каменная вата и другие. В качестве каркасного основания существуют варианты использования как клееного бруса, так и бетонных конструкций с наполнителем из пенобетона и других материалов. В качестве кровли стали использовать металлочерепицу и композитную черепицу, но также используется натуральная глиняная черепица.

Внешний вид стиля фахверк стал настолько популярен, что дома, сделанные по другим технологиям, также стали оформлять внешне под этот стиль.

### Европейский стиль



Рисунок 1.4 – Деревянный дом в европейском стиле

Дома в европейском стиле основаны на трех основных принципах: красота, полезность и долговечность. Построены по каркасной технологии, но, в отличие от фахверковых, с закрытым каркасом, они могут иметь два-три этажа, верхний этаж обычно представляет собой мансарду.

Крыша четырехскатная, реже двускатная со слуховыми окнами, покрытая черепицей. Окна узкие прямоугольные или арочные. Цоколь облицован камнем. Часто используются эркеры и балконы.

## Скандинавский стиль



Рисунок 1.5 – Деревянный дом в скандинавском стиле

Скандинавский стиль и его вариации: норвежский, шведский и финский стили деревянного домостроения в настоящее время не совсем оправданно выделять его как один стиль, так как он имеет только одну характерную особенность во внутренней планировке дома – это большое коммунальное пространство, сохранившееся от древнего образа жизни скандинавов.

В древние времена весь дом был единым пространством для всей семьи и домашнего скота. Это общее пространство было разделено на зоны: зона очага, мужская и женская зоны и зона крупного рогатого скота. Отдельных комнат не было.

Еще одной характерной особенностью скандинавских домов является "ломаная" крыша, склоны которой не соединяются на коньке, а один из склонов смещен.

### Норвежский стиль



Рисунок 1.6 – Деревянный дом в норвежском стиле



Норвежский стиль представляет собой приземистый одноэтажный дом с большим общим пространством гостиной-столовой-кухней и небольшими комнатами, расположенными по бокам. Несущие стены были занижены, но не было плоского потолка. В результате центральное общее пространство высокое до конька, а боковые комнаты с заниженным потолком используются для сна.

Изначально дома строились в условиях нехватки древесины, частично зарывались в землю, стены лишь слегка выступали над землей, не рубились, а укладывались между столбами.

Современный дом в норвежском стиле – это максимальный ориентир на натуральные природные материалы без имитации. Одноэтажный дом без потолка с дополнительными окнами в фронтонах для увеличения количества естественного света в гостиной, которая совмещена с кухней и столовой. Небольшие гостиные с низким потолком. Окна в доме норвежского типа небольшие для экономии тепла. В идеале крыша норвежского дома представляет собой газон и имеет небольшой уклон.

### Шведский стиль



Рисунок 1.7 – Современный деревянный дом в шведском стиле

Очень часто, когда говорят о скандинавском стиле, имеют в виду именно шведский стиль деревянных домов. Использование натуральных материалов и функциональность являются определяющими моментами этого стиля.

Внутренняя планировка шведского дома типично скандинавская: просторная центральная гостевая комната, совмещенная с кухней и столовой, часто имеющая несколько зон в интерьере, вокруг центральной комнаты расположены небольшие помещения различной функциональности: кладовая, спальни, ванная комната и так далее.

В отличие от норвежского стиля, это уже не приземистый дом (в Швеции, в отличие от Норвегии, не было недостатка в лесах). Дом в шведском стиле характеризуется наличием мансардного этажа с жилыми комнатами и вторым

светом, что увеличивает освещенность главной комнаты дома, где часто собирается семья.

### Финский стиль

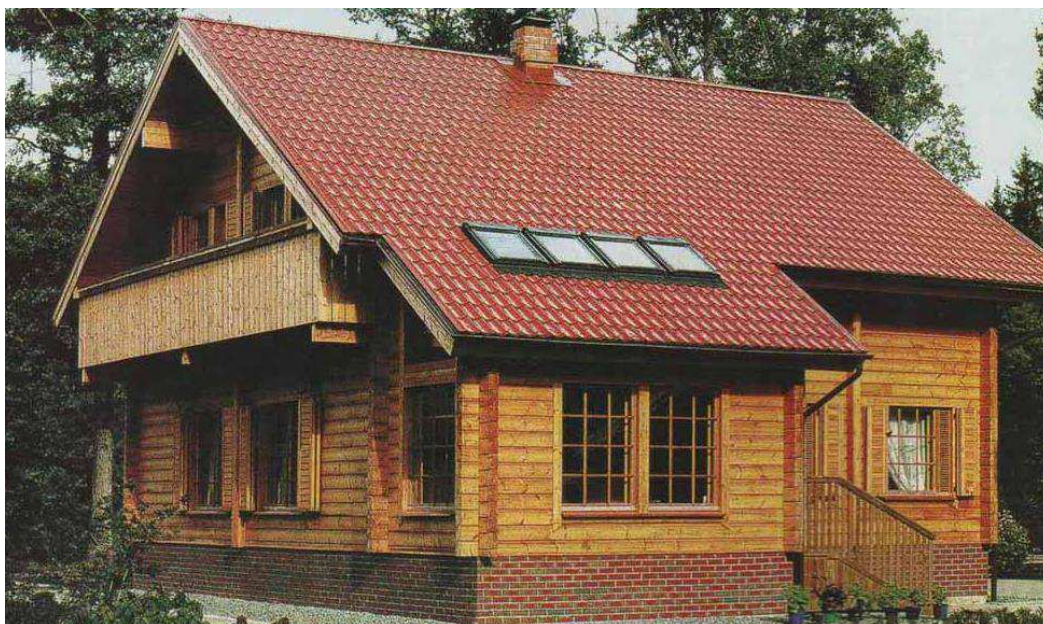


Рисунок 1.8 – Деревянный дом в финском стиле

Этот стиль строительства деревянных домов очень похож на шведский стиль, но есть некоторые отличия, которые больше относятся к современным зданиям. Прежде всего, это технология строительства дома и, как следствие, внешняя простота дома. Финские дома характеризуются отсутствием различных декоративных элементов, крыша простая, двускатная, часто не симметричная, "изломы" крыши сведены к минимуму.

Цокольного этажа нет, фундамент предпочтительно в виде плиты. Естественное освещение на чердаке обеспечивается наклонными слуховыми окнами, а не слуховыми окнами с выступом в крыше.

Единственными "украшениями" дома в финском стиле, которые хоть как-то делают их внешний вид более интересным, являются характерные балконы, на которые трудно попасть снегу, и террасы.





Рисунок 1.9 – Современный дом в финском стиле

Внутренняя планировка финского дома очень похожа на дома шведского (скандинавского) стиля, с одним принципиальным отличием: внутри дома на первом этаже находится сауна

Стиль прерий (ранчо), североамериканский стиль



Рисунок 1.10 – Деревянный дом в стиле прерий

Название указывает на то, что этот тип распространен в Северной Америке, в первую очередь в Соединенных Штатах. Основными отличительными чертами этого типа является раскинувшийся на большой территории одноэтажный, реже двухэтажный дом. Крыша сложная, многоуровневая, с большим количеством различных слуховых окон. При этом само здание построено максимально экономично, с использованием каркасной технологии.

Внутренняя планировка также очень специфична. Центральное место в доме занимает общественная зона. Это совмещенный холл, гостиная, столовая, кухня. В то же время эти помещения часто имели два входа и выхода, и планировку помещений можно было легко изменить. Еще одной особенностью внутренней планировки домов в стиле ранчо является изоляция отдельных жилых зон: в каждой спальне есть свой гардероб и ванная комната. Это связано с удобством и обустройством личного пространства.

#### Американский кантри



Рисунок 1.11 – Деревянный дом в стиле кантри

Он очень похож на архитектурный стиль прерий. У него те же принципы. Принципиальное различие заключается в используемом материале.

Если в стиле ранчо используется каркасная технология с возможностью легкой достройки или восстановления разрушенной конструкции дома (все это в условиях возможного недостатка древесины), то в стиле кантри используется более массивный материал: бревно, брус, камень. Задача такой конструкции заключается не в возможности легкой переделки или ремонта, а в том, чтобы выдержать давление природы (ураганы, торнадо и т. д.).

Этот стиль распространен в местах, где много лесов, обычно на лесистых горных склонах. В качестве опор часто используются бревна больших диаметров. Отделка части дома камнем.

В современном строительстве загородных домов часто используются большие объемы остекления. Вход может проходить через просторную террасу большой длины.



### **1.2.2.2 Объемно-планировочные решения**

Планировочная структура зарубежных домов более развита, по сравнению с российскими квартирами. Главной особенностью зарубежного жилья является более четкая дифференциация зон и пространств. Прихожая отделена от распределительного зала. Входная зона отделена перегородками от других комнат. Гостиная, кухня и столовая обычно разделены перегородками и сообщаются через дверь или через холл. При небольшой площади квартиры гостиная разделена на несколько функциональных зон – зону связи, видеозону, зону для работы, занятий и т.д. В больших домах (от 120 м<sup>2</sup>) эти зоны разделены на отдельные комнаты. Кухня всегда отделена от общего пространства квартиры, в соответствии с этим имеет вытянутые пропорции. Кухня имеет единственную утилитарную функцию-приготовление пищи, прием пищи на кухне не осуществляется. Приготовленная еда потребляется в столовой, и наличие обеденной зоны в домах является обязательным условием. Гостевой сан.узел на кухне или в прихожей, подсобное помещение расположено рядом с прихожей или кухней. Вход в приватную зону проходит через холл в другой, приватный холл, откуда уже осуществляется вход в спальни, ванную комнату и т.д. В домах созданы летние помещения, которые используются по прямому назначению.

### **1.2.2.3 Мероприятия по обеспечению энергоэффективности**

В большинстве зарубежных стран используется целый комплекс мер административно-экономического регулирования и стимулирования энергосбережения.

К основным из них можно отнести следующие:

1) Введение стандартов энергоэффективности, обязательных строительных норм и правил, плановых показателей, связанных с ограничением энергопотребления для отопления и освещения помещений.

Текущей тенденцией в жилищном секторе является разработка стандартов для "зеленых зданий". Единые стандарты в мире до сих пор не разработаны, поскольку в зарубежной практике до сих пор нет единого подхода к определению экологичности зданий. Великобритания, Франция, Германия, Италия, Австралия, Япония и Китай имеют свои собственные стандарты. В Соединенных Штатах существует четыре стандарта "зеленого строительства".

2) Предоставление государственных дотаций и субсидий на цели энергосбережения.

В Великобритании действует программа "Теплый фронт" ("Warm Front"), которая предусматривает меры по теплоизоляции и отоплению семей с низким уровнем дохода. Аналогичная программа действует и в Соединенных Штатах. В Японии субсидии предоставляются Организацией по разработке Новых источников энергии и промышленных технологий (NEDO) на реконструкцию жилых зданий для удовлетворения требований по тепловой защите (в соответствии с Законом об энергосбережении), установку энергоэффективных



бытовых приборов и эффективных систем с использованием возобновляемых источников энергии. Вы можете претендовать на получение субсидий, если снизите потребление энергии на 15% в новых домах и на 25% в отремонтированных зданиях по сравнению со стандартным показателем потребления энергии до реализации мер по энергосбережению. В то же время домовладельцы обязаны отчитываться перед NEDO о количестве потребляемой энергии в зданиях в течение трех лет после реконструкции или строительства дома.

### 3) Предоставление налоговых льгот.

Соединенные Штаты предоставляют налоговые льготы домовладельцам и предприятиям, которые внедряют меры по энергосбережению в своих зданиях. Во Франции применяется пониженная ставка НДС (5,5% против стандартной ставки в 18,6%) для установки, обслуживания и модернизации домов. Предусмотрены налоговые льготы "Устойчивое развитие", которые позволяют вычесть из декларации о доходах часть стоимости ремонта, направленного на повышение энергоэффективности жилья (до 50% для фотоэлектрических панелей и 40% для дровяных печей); увеличение до 40% налоговых льгот по уплате процентов для тех, кто купил энергосберегающее жилье

### 4) Внедрение гибкой системы тарифов.

В Бельгии, Дании и Франции. были введены тарифные системы, которые сильно различаются по своей дифференциации. Например, тарифы на электроэнергию могут отличаться более чем в 20 раз в зависимости от времени года и времени суток, что стимулирует снижение потребления электроэнергии в течение зимнего максимума за счет эффекта льготных тарифов в остальное время года. Во Франции существует более 30 тарифов на электроэнергию с довольно большим диапазоном цен. В зависимости от эффективности используемого электрооборудования применяется ряд тарифов: чем эффективнее оборудование, тем ниже тариф. Из — за дифференциации тарифов по времени суток график нагрузки энергосистемы существенно изменился-в районе 1 часа ночи наблюдается третья суточная максимальная нагрузка.

В Соединенных Штатах существует льготный тариф на электроэнергию для потребителей, которые согласились отключить их в период перегрузки сети. Кроме того, плата за подключение либо не взимается (все расходы на подключение до счетчика включены в тариф на электроэнергию), либо она символическая (при подключении мощности от 15 до 500 кВт плата составляет 350 долларов, при большей мощности дополнительно оплачивается 100-150 долларов за каждый 1 кВт).

5) Контроль за использованием энергоресурсов, выполнением норм энергосбережения.

Во многих европейских странах процедура энергоаудита является обязательной для получения энергетического паспорта здания-документа, который содержит проектные данные по тепловой защите здания, информацию о его фактическом потреблении энергии и служит подтверждением соответствия энергоэффективности объекта действующим стандартам.

#### б) Использование возобновляемых источников энергии.

В западных странах большое внимание уделяется развитию возобновляемых источников энергии и их использованию в жилищном строительстве. Для повышения энергоэффективности коммунальных служб тепловые насосы активно используются во многих странах, таких как Скандинавия, Германия и США. В Швеции ими оборудовано более полумиллиона домов. В Соединенных Штатах к 2009 году находилось около 65% всех наземных тепловых насосов, установленных в мире.

В Исландии сегодня 90% домов отапливаются горячей водой, поступающей из геотермальных источников. В Германии треть всей электроэнергии поступает от ветряных турбин.

#### **1.2.2.4 Мероприятия по обеспечению естественного освещения**

Наличие естественного освещения является основным требованием к помещениям для длительного пребывания людей. Как правило, средствами освещения являются окна или стеклянные стены, стеклянные крыши или мансардные окна. Прямое естественное освещение - это освещение дневным светом, которое проникает через поверхность, обращенную непосредственно на улицу, и служит освещением.

Инсоляция дневной комнаты в двухэтажном коттедже, ориентированном на запад, обеспечивается на первом этаже с юга, на верхнем этаже с востока, через галерею; в то время как абсолютная южная ориентация жилых комнат и подсобных помещений является компромиссным решением.

Соотношение между свободной поверхностью, используемой для прямого естественного освещения (окно, стеклянная стена или стеклянная крыша), и площадью помещения (если на этот счет нет специальных ведомственных правил) обычно составляет не менее 1:8.

Косвенный естественный свет относится к освещению, которое происходит через другие помещения или части помещений, которые получают естественный прямой свет в конкретном здании.

Не допускается использование непрямого естественного освещения между блоками самообслуживания, а также в зонах между зонами общего пользования и блоками самообслуживания.

В ванной комнате, в туалете, в кладовой и других подсобных помещениях можно обойтись без естественного освещения.

#### **1.2.2.5 Мероприятия по обеспечению защиты от шума, вибрации и других воздействий**

Классическим решением для звукоизоляции стен является каркасная конструкция с 50-миллиметровым минватом, обшитая гипсокартоном. Толщина такой изоляции составляет не менее 62 мм.

В американской компании BLUE RIDGE FiBERBOARD вместо минеральной ваты толщиной 100 мм кладут два листа мягкой ДВП толщиной 12 мм (рисунок 12) и получают класс звукоизоляции выше, чем с минеральной ватой (рисунок 13).

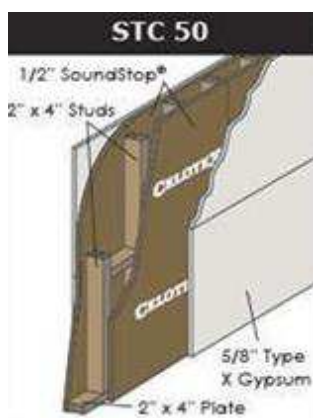


Рисунок 1.12 – Классическое решение звукоизоляции стен компании BLUE RIDGE FiBERBOARD

STC 50		+ мягкая ДВП SoundStop + один слой гипсокартона	Громкий разговор не слышен Вибрационный шум значительно уменьшился
STC 39		+ минеральная вата + один слой гипсокартона	Громкая речь всё ещё слышна Вибрационный шум не уменьшился
STC 35		+ один слой гипсокартона	Громкая речь хорошо слышна Вибрационный шум слышен

Рисунок 1.13 – Класс звукоизоляции по сравнению с минеральной ватой

#### Выводы:

Звукоизоляционным элементом данной конструкции является двухслойная обшивка:

- лист мягкой ДВП ISOPLAAT 12 мм;
- лист прочного ГКЛ 16 мм.

Общая толщина: 28 мм.

Такой двухслойной конструкцией может обшиваться как каркасная перегородка, так и непосредственно стена квартиры по методу бескаркасной изоляционной конструкции.

Ведь пустая каркасная конструкция изоляции не добавляет.

Двухслойная бескаркасная обшивка ISOPLAAT + ГКЛ толщиной 28 мм получается в два раза тоньше и эффективнее, чем каркасная конструкция минвата + ГКЛ толщиной 62 мм.

Преимущества двухслойной бескаркасной обшивки:

- 1) малая толщина (от 25 мм).
- 2) высокая эффективность, так как отсутствуют мостики звука.
- 3) защита от ударного и структурного шума тоже (в отличие от конструкций с минватой).
- 4) экологическая безопасность (в ISOPLAAT отсутствует клей).

### 1.2.3 Инженерные решения

Для того, чтобы дом обеспечивал должный уровень комфорта, необходимы современные инженерные коммуникации. Давайте рассмотрим, как решаются проблемы, связанные с инженерным обеспечением деревянного дома в европейских странах.

#### Устройство системы отопления

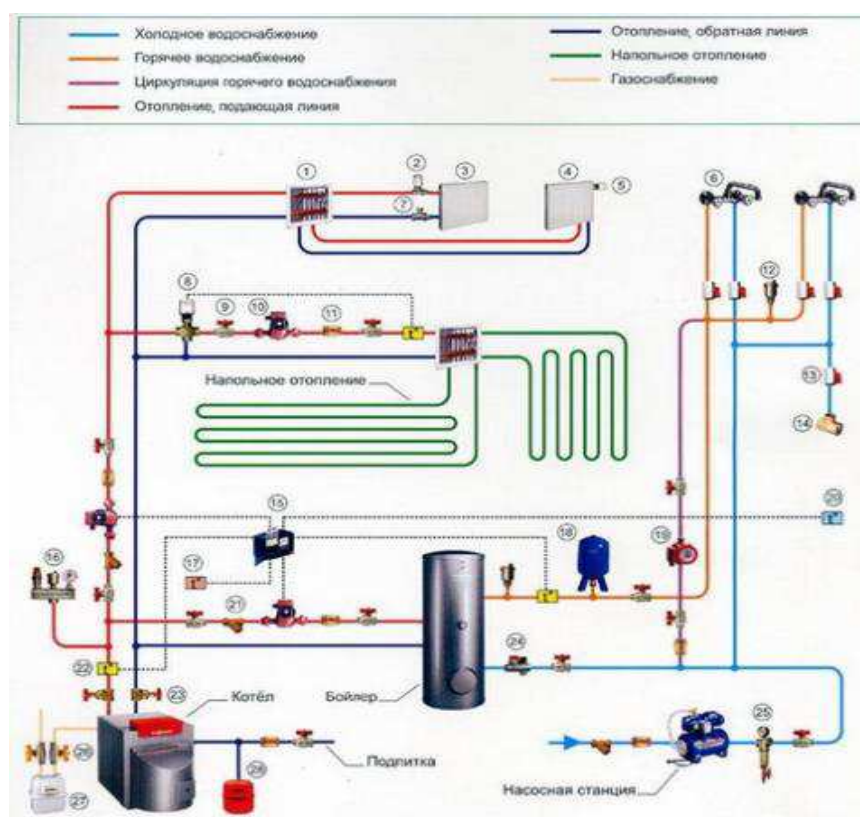


Рисунок 1.14 – Устройство системы отопления

Дома из профилированного бруса или рубленые дома хороши тем, что прекрасно поддерживают комфортную температуру внутри. Но низкие отрицательные температуры зимой вынуждают использовать дополнительные источники тепловой энергии.

В качестве систем отопления могут использоваться: печное отопление, конвекторы, электроды, газовые котлы, а также котлы на жидком топливе.

## Особенности системы газового отопления деревянного дома

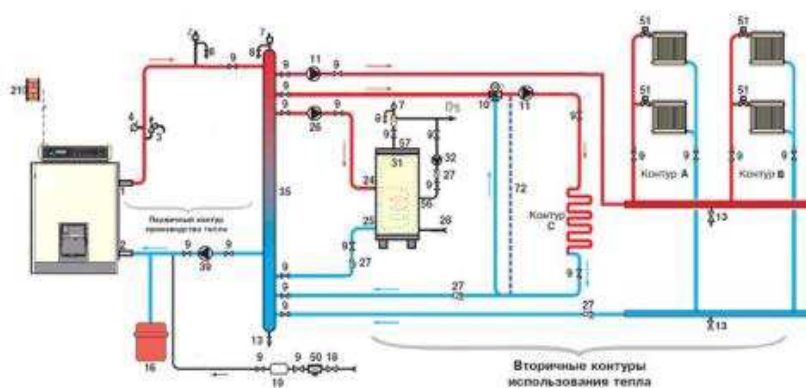


Рисунок 1.15 – Устройство системы газового отопления

Газовое отопление может быть произведено только в том случае, если газификация дома произведена в соответствии со всеми необходимыми требованиями и стандартами строительства.

Чтобы установить газовое оборудование в деревянном доме, необходимо:

- Провести трубопровод отопления;
- Установить газовый котел. Он необходим для нагрева и подачи тепла по трубам;
- Газопровод. Он необходим для подачи газа к котлу;
- Установка запорно-регулирующей арматуры;
- Автоматика. Она необходима для обеспечения безопасной и безаварийной работы всей отопительной системы.

*Система электрического отопления в деревянном доме*



Рисунок 1.16 – Устройство системы электрического отопления

Принцип работы электрических котлов основан на преобразовании поступающей электроэнергии в тепло.



Это возможно благодаря котлам с трубчатыми электронагревателями. В процессе нагрева нагревательных элементов нагревается сам теплоноситель, который, благодаря циркуляции, снабжает теплом весь дом.

Очень важно учитывать мощность отопительных приборов и оборудования.

Электрические системы отопления деревянных домов – один из альтернативных вариантов замены газовых систем (в случае его отсутствия).

В современном деревянном доме можно создать практически любую систему отопления. Главное-внимательно следить за выполнением всех технических требований и строго соблюдать правила безопасности.

### Вентиляционные системы деревянного дома



Рисунок 1.17 – Вентиляционная система деревянного дома

Древесина имеет преимущество перед другими строительными материалами. Это преимущество заключается в его способности "дышать".

Но этого недостаточно для полноценного воздухообмена в доме, необходима дополнительная система вентиляции. Коридоры и спальни вполне могут довольствоваться обменом воздуха, обеспечивающим естественную инфильтрацию. Однако в помещениях узконаправленного назначения, куда входят туалет, кухня, ванная комната – этого недостаточно.

Существует 2 способа обеспечения достаточного воздухообмена в деревянном доме:

- Естественная вентиляция;
- Принудительная вентиляция.

*Естественная схема вентиляции* подразумевает установку системы вертикальных каналов, которые начинаются в вентилируемом помещении и выходят под коньком крыши. Как правило, такие вентиляционные каналы

начинаются и выходят из кухонных помещений, гардеробных, ванных комнат и котельных. Также устанавливаются специальные приточные клапаны, с помощью которых организуется подача воздуха с улицы в дом.

Схема естественной вентиляции деревянного дома достаточно популярна в настоящее время. Причиной этого являются два фактора – простота конструкции и относительно низкая стоимость ее организации. К недостаткам системы естественной вентиляции можно отнести: появление пыли, насекомых в доме, значительное ухудшение звукоизоляции дома. Зимой происходит очень большая потеря тепла.

#### *Принудительная приточно-вытяжная вентиляционная система*

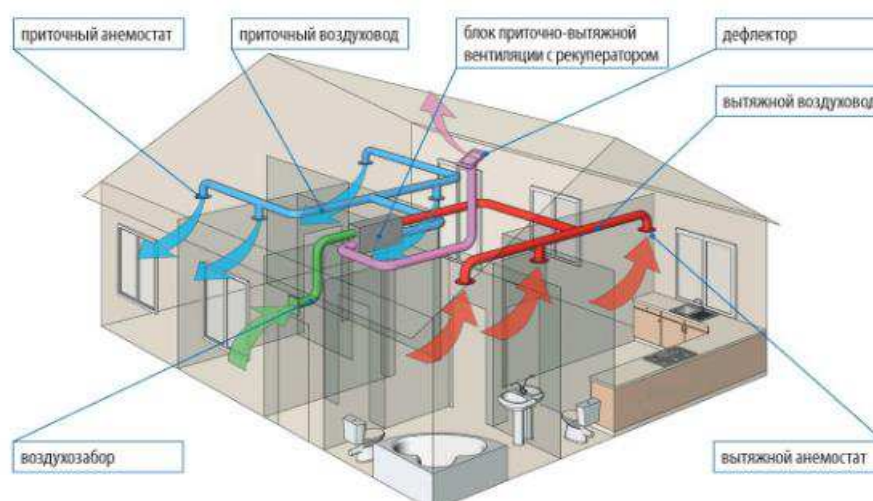


Рисунок 1.18 – Принудительная приточно-вытяжная вентиляционная система

В этом случае отработанный воздух принудительно удаляется, а очищенный свежий воздух подается с улицы для его замены в тех же объемах. Оборудование принудительной системы может нагревать или охлаждать воздушные массы, поступающие извне.

Благодаря использованию системы принудительной вентиляции достигается значительная экономия тепла – примерно 25% тепловой энергии, используемой для отопления деревянного дома.

Установка принудительной вентиляции обойдется гораздо дороже, чем устройство естественной вентиляции. Но, в то же время, система принудительной вентиляции не зависит от атмосферных условий и не сопровождается потерей тепла зимой.



## Водоснабжение в деревянном доме

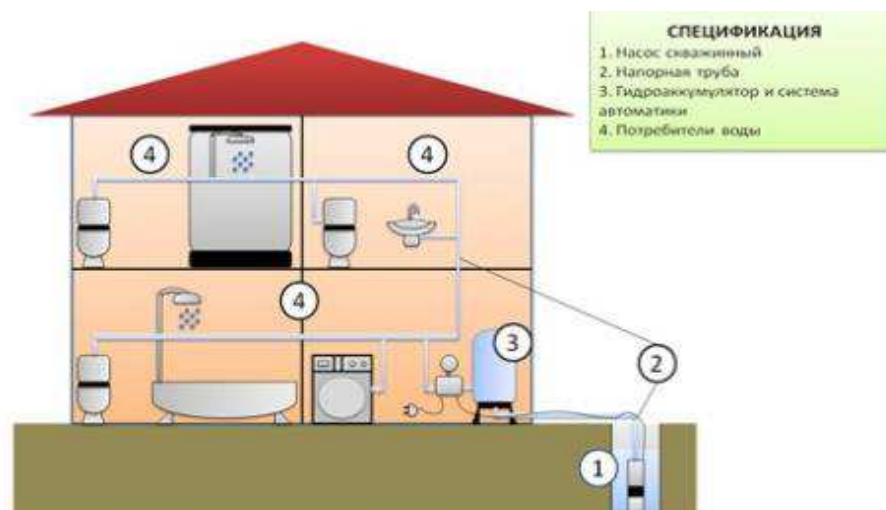


Рисунок 1.19 – Водоснабжение в деревянном доме

Если дом расположен рядом с централизованной системой водоснабжения, то подвести к нему коммуникации не составит проблемы. Здесь главное – получить необходимые технические условия для подключения, составить проект врезки в трубу, согласовать его и организовать разводку труб. Но, как правило, такая возможность есть не везде, и владельцы загородных домов прибегают к созданию систем водоснабжения для загородного деревянного дома.

При проектировании системы водоснабжения в деревянном доме следует учитывать такие факторы, как расположение основного источника воды, нюансы разводки водопроводных труб, учет усадки стен и т.д.

### *Водоснабжение дома из колодца*

Колодец – самое древнее устройство для добычи воды. Строительство колодца обходится недорого, а его рытье и погружение в котлован железобетонных колец не занимает много времени.

Но есть и недостатки. Если его глубина или емкость водоносного горизонта недостаточны, скважина может периодически пересыхать в засушливый период, так как ее необходимо чистить довольно часто (раз в 3-4 года), а эта процедура трудоемка и занимает много времени.

Современному городскому жителю, привыкшему к централизованному водоснабжению, будет довольно сложно приспособиться к извлечению воды ведрами из колодца. Можно опустить в скважину электронасос, но зимой такой способ добычи будет невозможен. Кроме того, вода из скважины не всегда соответствует санитарным требованиям. Пить ее сырой конечно можно, но лучше прокипятить.

## Водоснабжение дома из скважины



Рисунок 1.20 – Водоснабжение из скважины

Колодец-лучший вариант для автономного водоснабжения в загородном доме.

Бурение скважин участка может осуществляться независимо от глубины залегания грунтовых вод.

В пробуренную скважину опускают обсадную трубу с системой фильтров, в которую погружают заранее выбранный погружной насос, и устанавливают систему подачи воды в дом.

Скважины делятся на три основных вида:

- Простая фильтровая скважина (с глубиной обычного колодца, не превышающей 10-15 метров);
- Скважина на первый водоносный слой;
- Артезианская скважина на второй водоносный слой.

## Канализация



Рисунок 1.21 – Система водоотведения в жилом доме

Для правильного монтажа канализационной системы или системы утилизации различных отходов необходимо строго соблюдать самые строгие технические и санитарные нормы, обеспечивать максимальный комфорт жильцов дома и экологическую безопасность окружающей среды.

Самым важным нюансом, от которого зависит весь ход обустройства канализации в деревянном доме, является наличие или отсутствие центральной канализационной линии.

Ведь если рядом с домом есть канализационная линия, то проект системы будет простым и недорогим. Ну а если нет, то необходимо разработать проект автономной канализации

Современные автономные канализационные системы могут располагаться в любом грунте, даже в местах с высоким уровнем грунтовых вод, а также в местах с большими перепадами уровня грунта.

При разработке проекта эффективной автономной системы канализации в деревянном доме рекомендуется взять за основу принцип сбора сточных вод внутри дома и подачи их в наружную систему очистки. То есть снаружи выходы канализационных труб должны располагаться на расстоянии 4 метров от дома. А внутри дома система канализационных труб должна быть установлена таким образом, чтобы каждый узел и стык имели гидроизоляцию. Монтаж дренажной системы должен осуществляться выше уровня грунтовых вод, на глубине не менее 1,5 м. Если дом расположен в районе с высоким залеганием грунтовых вод, то очистку сточных вод устраивают не фильтрацией, а ультрафиолетом и ультразвуком.

#### **1.2.4 Основные нормы и требования**

##### Основные нормы и требования в Европе

Проектирование строительных конструкций, которое осуществляется в разных странах в соответствии с их национальными стандартами, уже давно является предметом обсуждения в странах Европейского Союза, и с 1997 года Европейской комиссией СЕС (Commission of the European Communities) были начаты исследования по разработке единых документов на проектирование строительных конструкций - конструктивных Еврокодов. Эти исследования в настоящее время успешно продолжаются Европейским комитетом по стандартизации CEN/TC 250, разработал девять конструктивных Еврокодов - норм проектирования строительных конструкций.

Еврокоды и Европейские стандарты-это документы, опубликованные на основных языках стран Европейского Союза: английском, немецком и французском. Эти публикации еще не появились на русском языке. Практически на русском языке нет информации о методах расчета и проектирования строительных конструкций, используемых в странах ЕС.

Еврокод 5 - стандарт Европейского Союза на проектирование деревянных конструкций. Его разработкой занималась большая группа экспертов европейских стран, знакомых с различными методами строительного

проектирования. Еврокод 5 является результатом достигнутых договоренностей в области проектирования деревянных конструкций на основе передовых технологий и современного уровня знаний в этой области.

Среди различных CEN - технических комитетов, занимающихся разработкой Европейских стандартов (EN Standards), некоторые занимаются только древесиной и сопутствующими материалами. Это следующие технические комитеты:

– CEN/TC 38 - "Долговечность древесины и материалов на основе древесины";

– CEN/TC 112 - "Листовые материалы на основе древесины";

– CEN/TC 124 - "Деревянные конструкции";

– CEN/TC 175 - "Круглая и пиленая древесина".

Кроме Еврокода 5 основное внимание в области деревянных конструкций направлено на Европейские стандарты, разрабатываемые техническими комитетами CEN/TC 38, CEN/TC 112 и CEN/TC 124. Программа работы этих трех технических комитетов основана на разработке стандартов, необходимых для использования Еврокода 5.

### **1.3 Отечественный опыт проектирования и строительства**

#### **1.3.1 Конструктивные решения**

В России уже давно строятся деревянные дома. В северной части страны, в лесоперерабатывающих районах – бревенчатые, в малолесистых районах-чаще каркасного типа с применением различных видов утеплителей и обшивочных материалов.

В сельских лесных районах строились почти исключительно бревенчатые дома, оптимально приспособленные для комфортного проживания и ведения домашнего хозяйства. Под одной крышей располагались отапливаемые жилые помещения и неотапливаемые подсобные помещения – скотный двор, кладовые, сеновал и другие. Эти бревенчатые дома были построены вручную, практически без использования металлических креплений. Как правило, бревенчатые дома строились с просторным мансардным помещением, что позволяет лучше экономить тепло жилой части дома в холодное время года. Крыши домов также были сделаны из материалов местного производства: черепицы из высококачественной древесины ели, досок хвойных пород, соломы или других подобных материалов растительного происхождения.

Бревенчатые дома считаются традиционно русским видом деревянного домостроения. Однако из-за высокой трудоемкости и большого объема тяжелого малопроизводительного ручного труда строительство бревенчатых домов в последнее время практически не ведется.

## Анализ применяемых технологий деревянного малоэтажного домостроения

Деревянное домостроение - один из наиболее эффективных видов индивидуального жилищного строительства. В настоящее время это является приоритетным во многих странах мира. Перспективы такого жилищного строительства обусловлены возрастающей важностью экономических, экологических и социальных факторов, а также тем, что древесина является возобновляемым, экологически чистым сырьем.

Однако в настоящее время в России деревянное домостроение в общем объеме индивидуального жилищного строительства, по данным Госкомстата, занимает лишь около 10 %.

В современном деревянном домостроении в мире используются 3 основные технологии строительства малоэтажных деревянных домов (рисунок 22): домостроение из массивной древесины; строительство каркасных домов; строительство панельных домов (в т. ч. каркасно-панельных домов и объемно-модульных зданий).

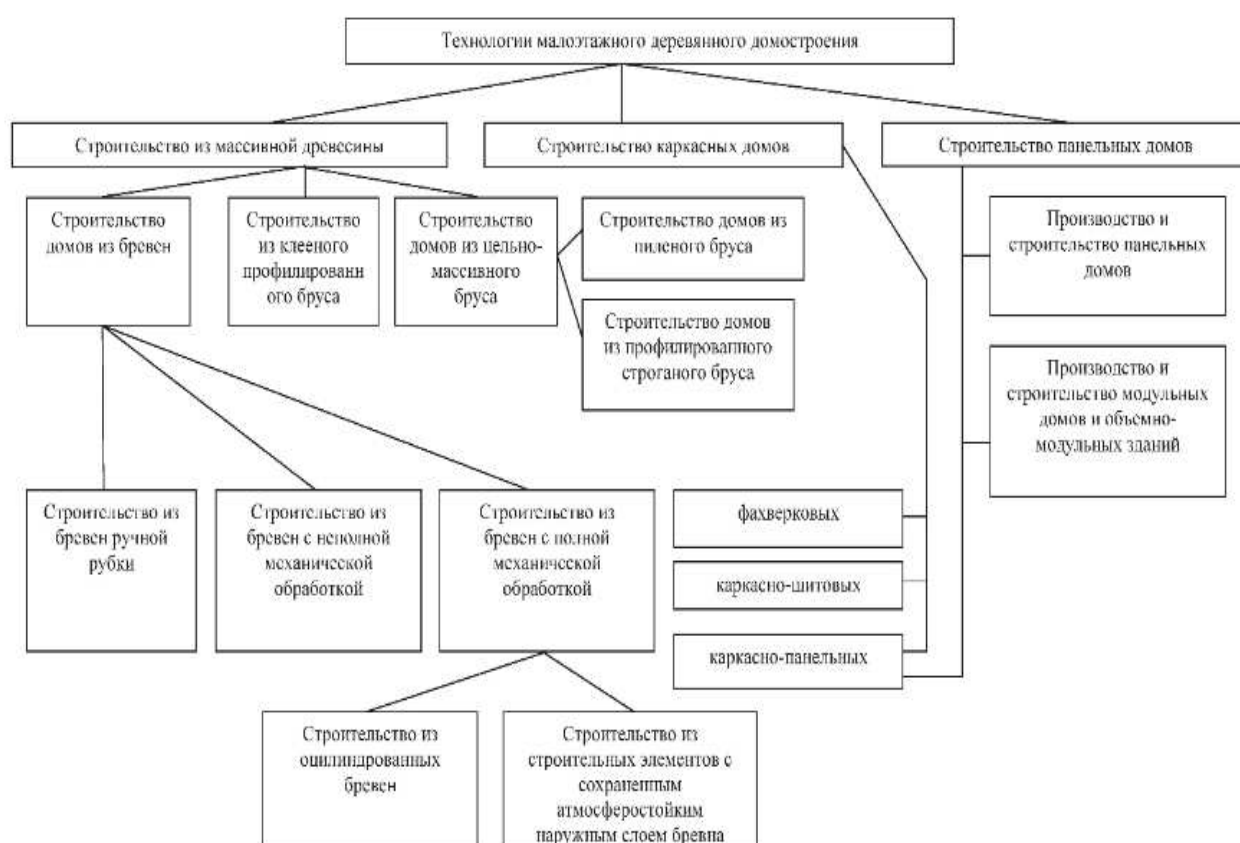


Рисунок 1.22 – Рисунок. Классификация технологий малоэтажного деревянного домостроения (по конструктивно-технологическим признакам)

### Домостроение из массивной древесины

К домостроению из массивной древесины относится строительство из бревен и бруса, преимущественно хвойных пород древесины.

### *Домостроение из бревен*

В строительстве бревенчатых домов используют в качестве основного конструкционного материала 3 вида строительных бревен:

– бревна ручной рубки (традиционный и привычный для россиян тип деревянных домов);

– бревна с неполной механической обработкой. Это в основном бревна с фрезерованной или выпиленной чашкой для угловых соединений бревен в срубе дома (остальная обработка произведена ручными инструментами);

– бревна оцилиндрованные (как правило, с полной механической обработкой – пропазованные с выполненными чашками и другими присадочными обработками для всех соединений бревен в конструкции сруба).

Дома из оцилиндрованного бревна характеризуются тем, что весь процесс обработки строительного бревна осуществляется с помощью ручного инструмента – начиная с окорки и заканчивая выполнением всех дополнительных обработок.

Дома из бревен с неполной механической обработкой характеризуются тем, что часть процесса механической обработки строительных бревен, как правило, самая сложная и трудоемкая, выполняется с помощью специализированного ручного электроинструмента-цепной электрической или бензиновой пилы, электрической фрезы.

Оба этих вида обработки строительных бревен осуществляются непосредственно на строительной площадке.

Дома из оцилиндрованного бревна обычно строятся из строительных элементов с полной механической обработкой – круглых, газовых и фрезерованных стаканов, выполняемых в производственных условиях, что позволяет значительно ускорить процесс сборки дома.

Все 3 вида домов требуют тщательного уплотнения всех соединений, что выполняется с помощью прокладывания и последующего, после осадки дома, «пробивания» материала утеплителя: джута, пакли.

### *Домостроение из бруса*

В период 30-50 - х годов прошлого века в деревянном домостроении стал преобладать метод строительства домов из бруса. Это особенно заметно в лесистых районах страны.

Самым простым вариантом является конструкция из пиломатериалов прямоугольного сечения. Древесина для этой цели использовалась нежесткая, без сушки, чаще всего сечением 150 × 150 мм. Дома из такого бруса строились с простыми соединениями, что значительно снижало сложность всех работ. В стенах между балками укладывается слой теплоизоляционного материала, который после технологической выдержки (необходимой для завершения процесса естественной усадки сруба) подвергался пробивке (уплотнению).

Однако простота строительства домов из указанного бруса негативно сказывается на их эксплуатационных характеристиках и долговечности, теплофизических показателях и комфорте проживания в них до проведения комплексного капитального ремонта.

### Строительство каркасных домов

Прототипом современных каркасных домов стали фахверковые дома Западной Европы. Их главное отличие-редко расположенный несущий каркас, который может быть заполнен любым материалом, в том числе кирпичом, а может быть, например, полностью застеклен. Позже эти строительные технологии стали обычно называться "стоечно-балочными".

Несущей конструкцией в домах, построенных по каркасной технологии, которую еще называют "канадской", является каркас. Он изготовлен из цельной древесины, обработанной огнезащитными и антисептическими составами.

Основная специфика каркасного дома – разделение функций несущей и ограждающей конструкций. Несущие конструкции выполняет каркас, ограждающие – утеплитель в комбинации с ветро-, гидро- и парозащитными материалами, внутренней и наружной обшивкой.

Кровля, наружные стены, полы и перекрытия современных каркасных домов обшиваются ориентированно-стружечной плитой OSB толщиной 9–16 мм или влагостойкой фанерой. Внутреннее пространство стен и перекрытий заполняется любым утеплителем (различная волокнистая теплоизоляция, мягкие древесноволокнистые плиты, эковата, экструдированный пенополистирол) по выбору заказчика. Толщина стены (панели + утеплитель) – составляет в среднем 150–250 мм. Внутренняя часть стены обивается OSB, цементно-стружечной плитой (ЦСП) или гипсокартоном.

В строительстве каркасного дома используются любые виды внешней (сайдинг, окраска, обшивочная деревянная доска, фасадная штукатурка, искусственный камень, кирпич) и внутренней отделки (краска, обои, панели), разные кровельные системы. Отдельные компании для обшивки каркаса вместо OSB используют ДВП или ЦСП, однако качество такого дома будет ниже. Основное отличие каркасных домов разных производителей заключается в типе утеплителя и в его объеме.

### Строительство панельных домов

Чистые панельные дома собираются из отдельных деревянных панелей, изготовленных на заводе на высокоавтоматизированных производственных линиях. Панели изготавливаются по различным технологиям (клееные панели, сбитые гвоздями и каркасного типа с теплоизоляционным наполнителем) и характеризуются своими размерами по толщине и площади. Монтаж панельного дома осуществляется непосредственно на строительной площадке на подготовленном фундаменте.

Разделение каркасных и панельных технологий является традиционным для российского рынка деревянного домостроения. Напротив, в США, например, рассматривается комбинированная технология каркасно-панельного строительства. Часто этот термин используется российскими строителями, что вызывает путаницу в понятиях. Основное отличие каркасной технологии от панельной заключается в степени заводской готовности комплекта: по каркасной технологии каркас здания возводится непосредственно на строительной



площадке и обшивается там плитами, в то время как панели собираются на заводе и требуют меньше времени для установки на строительной площадке.

## 1.3.2 Архитектурные решения

### 1.3.2.1 Архитектурные стили

В пункте 2.2 были рассмотрены мировые архитектурные стили деревянных домов. Перейдем к рассмотрению русских (советских) архитектурных стилей.

#### Русский сельский архитектурный стиль

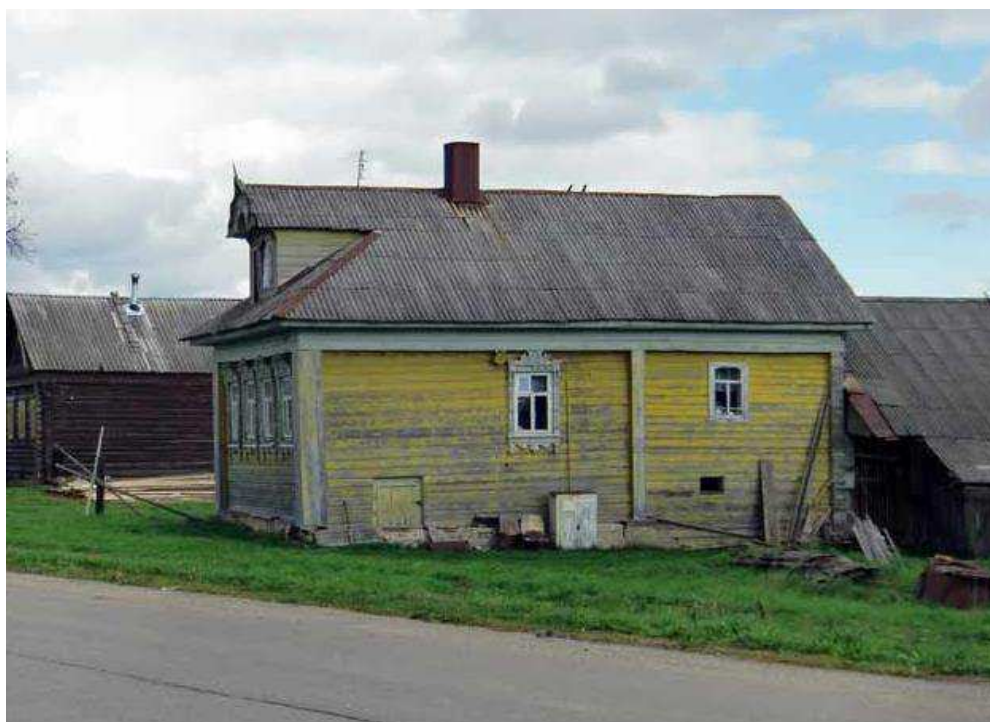


Рисунок 1.23 – Деревянный дом в русском сельском стиле

Русский сельский дом был построен в один или два этажа, с двускатной, трехскатной или реже четырехскатной крышей. В традиционном русском загородном доме был бревенчатый дом в четыре или пять стен. Дом мог состоять из одной хижины и большой прихожей, а также двух хижин - передней и задней, между которыми есть тамбур и все это под одной крышей. Деревянные дома были украшены резьбой с языческими мотивами, главной целью которой была защита дома и его владельцев.

## Сибирский крестьянский стиль



Рисунок 1.24 – Деревянный дом в сибирском крестьянском стиле

Сибирский архитектурный стиль бревенчатого дома в целом похож на русский архитектурный сельский стиль. Однако для сибирских домов характерны четырехскатные крыши, большие размеры домов и обязательные глухие заборы.

## Русский дачный стиль



Рисунок 1.25 – Деревянный дом в русском дачном стиле



Этот архитектурный стиль сформировался в России во второй половине XIX века - в период массового распространения дачной культуры. Коттеджи строились от самых простых-дощатых без всякого утепления, до полноценных рубленых домов с хорошими печами. Традиционный внешний вид - полтораэтажное здание, обшитое вагонкой или бревном, с обязательным мезонином, верандой и застекленной или открытой верандой. Многие современные загородные дома в России сохраняют этот традиционный облик.

#### Бревенчатый дом



Рисунок 1.26 – Деревянный дом в бревенчатом стиле

Архитектурный стиль бревенчатого дома, который характеризуется постройкой стен из цельных бревен, которые были строганы или закруглены, включает в себя дома в стиле деревенской избы, охотничьего домика, рубленой усадьбы.

#### Вологодский стиль



Рисунок 1.27 – Деревянный дом в вологодском стиле

Вологодский архитектурный стиль - это обилие резных орнаментов на главном фасаде здания. Стиль сформировался во второй половине XIX века. Вологодский дом -это одно- или двухэтажный дом, вытянутый вглубь двора. В качестве незаменимого элемента конструкции в углу главного фасада было создано крыльцо или балкон с крыльцом под ним.

#### Русский купеческий стиль



Рисунок 1.28 – Деревянный дом в русском купеческом стиле

Архитектурный стиль дома русского купеческого дома - большое квадратное или прямоугольное здание. Часто первый этаж был сделан из камня, в то время как второй этаж представлял собой тесаную бревенчатую хижину, покрытую деревом и богато украшенную. Внутри купеческие дома были в основном оштукатурены известью.

#### Русский усадебный стиль



Рисунок 1.29 – Деревянный дом в русском усадебном стиле

Русская усадьба представляет собой архитектурный комплекс жилых, хозяйственных, садово-парковых построек и других зданий, которые



интегрированы в окружающий ландшафтный парк усадьбы. Дворянское поместье обычно состоит из господского дома, нескольких хозяйственных построек, конюшни, оранжереи, здания для прислуги и т. д. На территории усадебного парка, при отсутствии реки, был устроен пруд с островом, проложены аллеи, возведены ротонды, гроты и руины. Большие поместья имели на своей территории церковь.

### Советский послевоенный сельский стиль



Рисунок 1.30 – Деревянный дом в советском послевоенном сельском стиле

Этот архитектурный стиль является развитием традиционного русского сельского стиля бревенчатого дома. Внешний вид советского сельского дома сильно отличался в зависимости от финансового состояния хозяев. Особенно состоятельные горожане облицовывали деревянные дома красным кирпичом или силикатным кирпичом. Разные регионы советской страны приносили особые узоры в кирпичную кладку домов советского стиля.

#### **1.3.2.2 Объемно-планировочные решения**

Объемно-планировочные решения при проектировании жилого дома позволяют значительно индивидуализировать будущий дом на стадии проекта в соответствии со вкусами заказчика, кроме того, они позволяют более эффективно проектировать дом с целью снижения затрат на строительство, а также правильно расположить помещения в соответствии с функциональными процессами в доме. [4].

При проектировании любого дома заранее выделяются отдельные зоны:

– Общественная. Это зона, доступ к которой имеет не только проживающая семья, но и посетители. В данную категорию входят: гостиная, столовая, санузел, гостевая спальня (если таковая имеет место быть).

– Зона отдыха. Это зона, скрытая от посетителей, сюда включаются спальни хозяев, ванные комнаты, гардеробные.

– Хозяйственная. Выделение данной зоны зависит от того, ведется ли хозяйственная деятельность на участке. Эта зона включает в себя хозяйственно-технические помещения: кладовые, бойлерные, помещения для скота и птицы и им подобные. Отличительная особенность данной зоны состоит в том, что из нее должен быть отдельный выход, ведущий непосредственно на приусадебный участок [4].

При проектировании индивидуального жилья стоит позаботиться о связях между этими зонами. Оптимальная планировка уменьшает транзит между помещениями [3]. Так, например, кухня и столовая должны иметь смежную стену или должны быть объединены в одну комнату. Если в доме два этажа, то ванная комната должна быть на каждом этаже, и оба должны располагаться строго друг над другом и относительно близко к кухне, так как это снижает стоимость коммуникаций и снижает риск повреждения основных помещений в случае протечек.

Жилые комнаты являются главной частью дома. Они имеют различное предназначение и делятся на переднюю (прихожую), общую (гостиную) и спальные комнаты. Наиболее удобные жилые комнаты имеют соотношение ширины и глубины от 1:1 до 1:1,5. Глубину (длину от окна) жилых комнат необходимо принимать не менее 3 м и не более 6 м, ширину - не менее 2,4 м.

Передняя комната должна обеспечивать комфорт входного узла и связь с помещениями дома. Ширина передней должна быть не менее 1,4 м, минимальная площадь - 3 м<sup>2</sup>. Внутридомовые коридоры, соединяющие переднюю с жилыми помещениями дома, принимают шириной не менее 1,1 м, с подсобными - 0,85 м, высота при наличии антресолей - 2 м. Связь прихожей с жилыми комнатами возможна напрямую, а также посредством холла.

Общая комната является наибольшей по площади и служит местом отдыха и различных занятий членов семьи, приема гостей. Размеры общей комнаты назначаются не менее 16 м<sup>2</sup>, ширина не менее 3 м. Общую комнату, как правило, желательно расположить рядом с передней или кухней. Общая комната может пространственно объединяться дверями с широким проемом или раздвижными перегородками с холлом, столовой или кухней [1].

Проектирование общей комнаты (гостиной) рекомендуется осуществлять с учетом размещения следующих функциональных зон, предназначенных для дневного пребывания семьи и приема гостей:

- общения и отдыха (прослушивание музыки, просмотр видео, чтение книг и журналов);
- хозяйственных работ и размещения вещей бытового назначения общего пользования (пылесос и т.п.);
- эпизодического приема пищи (небольшой кофейный столик или небольшой стол для 4-5 человек).

Площадь общей комнаты (гостиной) определяется с учетом возможности размещения зон, перечисленных выше, а также расстановки минимально необходимой мебели и устройства проходов.

Спальня предназначена для сна, занятий, хранения одежды, книг, для игр детей. Площадь спален назначается 10-12 м<sup>2</sup> для двух человек и 8 м<sup>2</sup> - для одного [2]. Желательно, чтобы комнаты для спален были непроходными. При этом допускается вход из этих помещений:

- в кладовую комнату или гардероб;
- в кухню и уборную в домах, в которых проживают инвалиды.

Проектирование спален рекомендуется с учетом размещения следующих функциональных зон:

- сна, хранения одежды и белья, вещей бытового назначения;
- индивидуальных, профессиональных и любительских занятий членов семьи.

В домах с двумя этажами спальни рекомендуется размещать в основном на втором этаже. В домах с четырьмя и более жилыми комнатами рекомендуется располагать на первом этаже одну или две спальни для маломобильных членов семьи.

Для каждого члена семьи предусматривается спальное место с габаритами не менее 2х0,8 м. В спальнях, кроме супружеской, может быть размещено не более двух спальных мест. В спальне супругов допускается предусматривать спальное место для ребенка в возрасте до трех лет [2].

Кухня предназначена для приготовления и приема пищи. Одним из популярных видов кухонь для индивидуального дома является кухня-столовая.

В кухне-столовой, кроме рабочего оборудования кухни, размещаются обеденный стол и стулья (обеденная зона). Площадь такой кухни принимают в зависимости от размеров дома и количества членов семьи в пределах 8-20 м<sup>2</sup> [2].

Санузел включает в себя помещения, где находятся ванна, душ, умывальник и унитаз. В современных домах рекомендуется использовать раздельный санузел, при этом организовывать санузлы на каждом из этажей дома.

Вход в помещение, оборудованное унитазом, непосредственно из кухни и жилых помещений (кроме жилых помещений, предназначенных для семей с инвалидами) не допускается.

Не допускается размещение уборной и ванной (или душевой) непосредственно над жилыми комнатами и кухнями. Не допускается крепление приборов и трубопроводов непосредственно к перегородкам, ограждающим жилые комнаты.

По заданию на проектирование в составе дополнительного оборудования санитарно-гигиенических помещений допускается предусматривать установку биде, сушильных машин, гидромассажных ванн, душевых кабин и другого оборудования, а также предусматривать душевую, оборудованную душевым поддоном или душевой кабиной.

Кроме того, обязательного оснащения санитарно-гигиенических помещений дома, в ванной комнате рекомендуется предусматривать место для размещения стиральной машины.



Допускается открывание дверей внутрь ванной комнаты, если глубина помещения или расстояние от дверного проема до санитарно-технического оборудования, расположенного напротив, составляет не менее 1,2 м (в чистоте). Во всех остальных случаях необходимо устанавливать дверь с открытием наружу от санузла [1].

### **1.3.2.3 Мероприятия по обеспечению энергоэффективности**

Одной из современных тенденций в жилищном строительстве является разработка и строительство зданий, в которых комфортность планировочных решений сочеталась бы с экологичностью и энергоэффективностью.

Методы повышения энергоэффективности жилых домов:

1) Правильное ориентирование дома относительно сторон света.

Одним из важнейших факторов, влияющих на потребление энергоресурсов домом, является его расположение относительно сторон света. Большинство окон дома должно быть обращено на юг. В то же время отклонение до 30° от азимута на юг несколько снижает использование солнечной энергии. Если дом расположен по-другому, то стены и крыша здания должны быть утеплены более эффективно, чтобы компенсировать недостаток тепла, поступающего в помещение с лучами солнечного света.

2) Проектирование компактной конфигурации строений.

Чем больше внешняя поверхность здания при одинаковом объеме его помещений, тем выше теплопотери. Поэтому при строительстве, реконструкции или расширении дома следует избегать всех возможных ниш, выступов, выступов на стенах. Имеет смысл построить неотапливаемые пристройки с северной стороны дома. Дом с компактной конструкцией не только потребляет меньше энергии, но и требует меньших затрат на строительство.

3) Наружные стены, конструкции и свойства применяемых строительных материалов.

Значительная часть тепла выходит из дома через его внешнюю оболочку. Чем выше разница между температурой в помещении и на открытом воздухе, тем больше теплопотери.

Степень теплоизоляции дома определяется коэффициентами сопротивления теплопередаче его ограждающих конструкций (пола, стен, окон, крыши). Чем он выше, тем лучше качество изоляции.

4) Толщина наружных стен и жилая площадь дома.

Толщина наружных стен напрямую влияет на размер будущей жилой площади в доме.

5) Шумозащита дома.

Звукоизоляция стен и конструкций дома напрямую зависит от плотности и структуры материала, из которого они изготовлены. При проектировании дома очень важно обратить внимание на изоляцию от ударов и звукового шума.

Сплошные (без окон и дверей) стены должны полностью отвечать требованиям комфорта. Звукоизоляция стены с окнами, занимающими более

25% площади, уже не будет столь эффективной: в этом случае значительная часть шума будет проникать через окна. Именно здесь, в первую очередь, потребуются специальные меры по шумоизоляции.

#### б) Индивидуальное восприятие комфорта и климат в помещении.

Климат в доме зависит не только от поглощающей и теплоаккумулирующей способности стен, принципа работы системы отопления, системы вентиляции и деятельности его обитателей. Комфортный микроклимат – это сбалансированное сочетание всех этих элементов в доме.

#### 7) Теплоизоляция крыши.

Если раньше считалось, что утеплителя (маты из минерального волокна или пенополиуретановые плиты) толщиной 10 см вполне достаточно для теплоизоляции крыши, то теперь к утеплению крыши применяются гораздо более строгие стандарты. Для крыш энергоэффективных («тёплых») домов сопротивление теплопередаче должно быть не менее не менее  $6 \text{ м}^2\text{С/Вт}$ , т.е. толщина теплоизоляции из материала с коэффициентом теплопроводности (при равновесной влажности)  $0,04 \text{ Вт/м}^2\text{К}$  должна быть не менее 24 см.

#### 8) Система отопления.

В условиях более строгих стандартов энергопотребления важную роль в их экономике играют системы отопления домов, отвечающие новым требованиям.

Отопительный котел должен соответствовать стандартам, которые говорят об эффективном использовании энергии и отсутствии выбросов вредных веществ в атмосферу. В настоящее время этим требованиям отвечают конденсационные котлы, работающие на жидком топливе или газе, а также газовые паровые котлы со сверхвысоким КПД.

Однако наиболее эффективной и обеспечивающей наибольший комфорт является система отопления с инфракрасными пленочными нагревателями, их КПД составляет 92-97%.

#### 9) Пассивное и активное использование солнечной энергии.

Использование стеклопакетов с более низким коэффициентом теплопередачи позволяет экономить энергоресурсы. Наряду с экономией энергии, окна с двойным остеклением создают комфорт в номерах. На стоимость окна в первую очередь влияет материал рамы и только потом остекление.

Энергию солнца можно использовать не только пассивно (из-за преимущественного расположения остекленных поверхностей дома на южной стороне), но и активно. В данном случае речь идет об использовании солнечных панелей и солнечных водонагревателей, с помощью которых можно нагревать воду для ванной комнаты, душа и системы отопления.

#### 10) Вентиляция

Наряду с потерей тепла через конструктивные элементы здания, оно также теряется при проветривании помещений.

Проверено, что в условиях хорошо утепленного дома потери тепла при вентиляции достигают 30-50%. В этом случае тепло теряется в результате замены теплого воздуха свежим, но более холодным.

Этот процесс абсолютно необходим для создания нормальных микроклиматических условий в доме. Потребность в вентиляции особенно заметна в энергоэффективном доме, где пути проникновения холодного свежего воздуха в дом надежно перекрыты уплотнителями.

Эффективным решением в борьбе с теплопотерями является установка системы вентиляции с рекуперацией (возвратом) тепла, которая в современных моделях достигает 80-85%.

На этапе проектирования необходимо предусмотреть расположение теплообменника и трубопроводов.

Однако эффективная система вентиляции, основанная на практике, является наиболее распространенным элементом конструкции, который всегда сохраняется. Поскольку потребность жителей в чистом свежем воздухе не уменьшается, им приходится постоянно платить за перерасход электроэнергии или газа, которые идут на компенсацию выветрившейся жары.

#### **1.3.2.4 Мероприятия по обеспечению естественного освещения**

Согласно СП 52.13330.2016 Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь естественное освещение.

Без естественного освещения допускается проектировать помещения с временным пребыванием людей, помещения, которые определены соответствующими сводами правил, а также помещения, размещение которых разрешено в подвальном этаже жилого дома.

Естественное освещение подразделяется на боковое, верхнее и комбинированное (верхнее и боковое).

Световоды естественного света допускается применять для естественного освещения помещений только в системе комбинированного освещения в качестве верхнего света.

При проектировании естественного освещения определяют расчетные значения КЕО. Расчетное значение КЕО должно быть не менее нормируемого значения.

При двустороннем боковом освещении помещений любого назначения нормируемое значение КЕО должно быть обеспечено в расчетной точке в центре помещения на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза и рабочей поверхности.

В жилом доме при одностороннем боковом освещении нормируемое значение КЕО должно быть обеспечено в жилых помещениях жилых зданий - в расчетной точке, расположенной на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и плоскости пола на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов.

На кухне нормируемое значение КЕО при боковом освещении должно обеспечиваться в расчетной точке, расположенной в центре помещения на плоскости пола;

При верхнем или комбинированном естественном освещении помещений любого назначения нормируется среднее значение КЕО в точках, расположенных на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (или пола). Первая и последняя точки принимаются на расстоянии 1 м от поверхности стен (перегородок) или осей колонн.

Разрешается деление помещений на зоны с боковым освещением (зоны, примыкающие к наружным стенам с окнами) и зоны с верхним освещением. Нормирование и расчет естественного освещения в каждой зоне проводятся независимо друг от друга.

### **1.3.2.5 Мероприятия по обеспечению защиты от шума, вибрации и других воздействий**

Величина воздействия шума и вибрации на человека зависит от уровня звукового давления, частотных характеристик шума или вибрации, их продолжительности, частоты и т.д. Шум снижает производительность труда и является причиной многих заболеваний.

В целях снижения шумового и вибрационного воздействия на атмосферный воздух при строительстве и эксплуатации объекта должны быть предусмотрены следующие мероприятия:

- предусмотреть ориентацию источника шума в сторону, противоположную защищаемым от шума объектам;
- сосредоточить источники шума в отдельном помещении;
- выполнить возможную звукоизоляцию шумного оборудования;
- выполнить экранирование агрегатов и установок;
- выполнить виброзвукоизоляцию.

Мероприятия по снижению шума на территории жилой застройки следует предусматривать, прежде всего, при разработке планировочных, технологических и архитектурно-строительных решений согласно требованиям СП 51.13330.2011 Защита от шума.

Архитектурно-планировочные методы:

- удаление источников шума от объектов, защищаемых от шума;
- ориентация источников шума в сторону, противоположную защищаемым от шума объектам;
- сосредоточение источников шума в отдельных комплексах на территории промышленного объекта или в зданиях;
- расположение между источниками шума и защищаемыми от шума объектами зданий и сооружений, не являющихся источниками шума.

Строительно-акустические методы предусматривают:

- звукоизоляцию шумного оборудования;
- применение звукопоглощающих конструкций;
- экранирование агрегатов и установок - источников шума;

- виброзвукоизоляцию;
- вибродемпфирование.

### 1.3.3 Инженерные решения

Максимальный комфорт в любом доме создают коммуникации. Но прокладка этих коммуникаций в деревянном доме осуществляется несколько иначе, это необходимо учитывать при разработке инженерного проекта прокладки электропроводки, канализации, систем отопления и водоснабжения. Рассмотрим все составляющие прокладки различных коммуникаций в деревянном доме.

#### Электрическая проводка в деревянном доме

Для того чтобы провести электричество в деревянном доме, можно использовать два вида проводки: открытую и закрытую. Открытая проводка, для эстетичного внешнего вида и для безопасности, скрыта в гофрированных трубах или для этой цели используются специальные пластиковые коробки. Выключатели и розетки с такой проводкой устанавливаются накладные



Рисунок 1.31 – Открытая проводка

Если решено проложить скрытую проводку, то для нее просверливают каналы в бревне или в бруске, затем они будут использоваться для прокладки стальных труб, а кабель будет располагаться в них. Пластик или гофра в этом случае неприемлемы для деревянных домов по соображениям пожарной безопасности. Дело в том, что со временем дом сжимается, и пластик может не защитить провод от разрыва.



Рисунок 1.32 – Закрытая проводка

Казалось, что проще и безопаснее выбрать открытую проводку. Но у обоих методов есть свои недостатки. Открытая проводка выглядит не эстетично, но она безопаснее и проще в установке. Закрытая выглядит великолепно, но ее установка обойдется очень дорого, а для некоторых деревянных домов она совершенно противопоказана. При необходимости открытую проводку легко отремонтировать, но ремонт закрытой проводки-сложный процесс.

Если в качестве обшивки деревянного дома использовалась вагонка или панели, то вся проводка должна быть скрыта в металлических трубах. Трубы должны быть заземлены, но перед этим их соединяют друг с другом так, чтобы между несколькими заземлениями не было напряжения. Если декоративный элемент включает в себя провод, то он должен быть дополнительно изолирован. А если использовался металлический каркас, то он должен быть заземлен.

#### Система отопления деревянного дома

Для сборки системы отопления в деревянном доме лучше использовать РЕХ-трубы или металлопластиковые трубы. Эти материалы легко гнуться, что делает их монтаж простым и удобным. А еще они отлично выдерживают высокое давление и температуру.

Самым популярным вариантом отопления загородного деревянного дома является автономное жидкостное отопление. Такая система отопления состоит из теплогенератора (котла), трубопровода и радиаторов. Котлы бывают разные, их выбор зависит от развития инфраструктуры района, где расположен дом. Они могут быть топливными (работать на жидком, газовом, твердом и комбинированном топливе) и электрическими. Если есть возможность подключить газ, то лучше отдать предпочтение газовому котлу, он более экономичен.





Рисунок 1.33 – Система отопления деревянного дома

Еще одним важным моментом системы отопления является способ циркуляции воды в системе. Благодаря такой циркуляции теплая вода равномерно нагревает все батареи. Лучше купить котел с уже установленным циркуляционным насосом.

#### Водоснабжение деревянного дома

Монтаж горячего и холодного водоснабжения в деревянном доме осуществляется с использованием полипропиленовых труб или медных труб.

Для предотвращения образования конденсата на трубах с холодной водой и для предотвращения выхода тепла из труб с горячей водой их покрывают теплоизоляционным материалом толщиной 9 мм.

Горячую воду в деревянном доме можно получить различными способами, выбор которых зависит от суточной потребности в горячей воде и режима ее потребления, состояния электропроводки.



Рисунок 1.34 – Двухконтурный котел

Если в доме проживает большое количество людей, то необходимо использовать автономный водонагреватель. Эти устройства могут быть проточными или накопительными и работать как на газе, так и на электричестве.



Проточный водонагреватель, работающий на газе,-это хорошо известная колонка. Он состоит из металлического корпуса, внутри которого находится горелка, которая нагревает холодную воду, проходящую через теплообменник. Этот тип водонагревателя подходит для дома с бесперебойной подачей холодной воды.

Если холодная вода течет не постоянно, а, как это часто бывает, утром и вечером, разумнее установить накопительную систему подогрева воды. Его главный недостаток-громоздкость. Такая система состоит из накопительного бака различной емкости (от 100 до 500 литров), нагревательного бака и насоса. В отличие от колонки, эта система нагревает воду заранее и потребляет меньше энергии.



Рисунок 1.35 – Накопительная водонагревательная система

#### Система канализации деревянного дома

Монтаж канализационной системы деревянного дома осуществляется с использованием полипропиленовых труб, расположенных открытым или закрытым способом. Если канализация открыта, то канализационные трубы прокладываются непосредственно на поверхности стен или пола.



Рисунок 1.36 – Открытая канализация

В случае с закрытой канализацией, трубы проходят под плинтусом или в специальных коробах, такой вариант лучше, но воплотить его сложнее.



Рисунок 1.37 – Закрытая канализация

Конечно, идеально, если есть возможность подключиться к центральной канализационной системе. Но если это невозможно, рекомендуется использовать самый простой на сегодня вариант – дренажную яму. Обязательно использовать септики, это специальные устройства, которые хоть и грубо, но очищают сточные воды до того, как они попадут в яму. Септики закапывают в землю, два-три раза в год их нужно чистить.

Если вы хотите более тщательно очистить воду, а затем использовать ее для орошения, вы можете установить септик с биофильтрами. Автономная канализация требует частого контроля, это позволит избежать проблем при ее эксплуатации.

### 1.3.4 Основные нормы и требования

Ниже приведен перечень нормативно-методической литературы, регламентирующей основные аспекты и современные тенденции в проектировании, расчете, изготовлении и эксплуатации деревянных конструкций:

СП 64.13330.2017 Деревянные конструкции (СНиП II-25-80)

Главный нормативный документ (национальный стандарт), регламентирующий методики расчета и проектирования строительных конструкций из цельной и клееной древесины.

ГОСТ Р 56705-2015 — Конструкции деревянные для строительства.

Термины и определения

«Свежий» норматив, отражающий систему понятий и терминологию в области деревянных строительных конструкций. Будет полезен для студентов, начинающих проектировщиков, строителей и индивидуальных застройщиков.

ГОСТ 8486-86 — Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия

Один из важнейших нормативных документов для конструктора ДК. Устанавливает требования к типам, сортам и основным качественным показателям пиломатериалов, предназначенных для использования в строительстве.

ГОСТ 24454-80 — Пиломатериалы хвойных пород. Размеры

В этом документе приведены все номинальные размеры поперечных сечений (толщина и ширина) обрезных пиломатериалов (досок), реализуемых на территории РФ.

ГОСТ 33080-2014 — Конструкции деревянные. Классы прочности конструкционных пиломатериалов и методы их определения

Настоящий стандарт распространяется на конструкционные пиломатериалы из древесины хвойных пород, а также пиломатериалы, склеенные по длине на зубчатом клеевом соединении.

ГОСТ 20022.1-90 — Защита древесины. Термины и определения

Стандарт регламентирует общую терминологию и дает определения основным понятиям, относящимся к защите древесины и улучшению ее эксплуатационных свойств. Термины, установленные в настоящем стандарте, обязательны для применения во всех видах документации и литературы.

ГОСТ 20022.0-2016 — Защита древесины. Параметры защищенности

Еще один обязательный государственный стандарт, в котором установлены параметры защищенности древесины от биологического разрушения и дана краткая технологическая характеристика основных деревозащитных средств.

ГОСТ 11047-90 — Детали и изделия деревянные для малоэтажных жилых и общественных зданий. Технические условия

Данный норматив устанавливает общие технические требования, предъявляемые к деталям и изделиям, используемых в деревянном

домостроении (окнам, дверям, стойкам, балкам, лагам, прогонам, фермам, щитовым стенам, перегородкам и пр.).

ГОСТ 4981-87 — Балки перекрытий деревянные. Технические условия

Настоящий стандарт распространяется на балки из цельной и клееной древесины, предназначенные для устройства чердачных, междуэтажных и цокольных перекрытий в одно-двухэтажных жилых и одноэтажных общественных зданиях.

ГОСТ 30974-2002 — Соединения угловые деревянных брусчатых и бревенчатых малоэтажных зданий. Классификация, конструкции, размеры

Крайне полезный ГОСТ как для проектировщика, так и для строителя.

ГОСТ Р 56711-2015 — Соединения нагельного типа для деревянных конструкций. Технические условия

Данный ГОСТ устанавливает основные требования исполнения нагельных соединений деревянных конструкций, работающих на сдвиг (болтов, шпилек, гвоздей, глухарей, шурупов и пр.).

ГОСТ 20850-2014 — Конструкции деревянные клееные несущие. Общие технические условия

Документ устанавливает единые требования качества несущих конструкций и изделий из многослойной клееной древесины. Предназначен для предприятий, специализирующихся на изготовлении клееных ДК.

СП 352.1325800.2017 Здания жилые многоквартирные с деревянным каркасом. Правила проектирования и строительства

На сегодняшний день это единственный официальный нормативно-справочный документ (свод правил) по каркасному домостроению в России.

ГОСТ 2292-88 — Лесоматериалы круглые. Маркировка, сортировка, транспортирование, методы измерения и приемка

Стандарт устанавливает требования к маркировке, сортировке, перевозке, контролю и приемке круглого леса.

ГОСТ 2708-75 — Лесоматериалы круглые. Таблицы объемов

Сборник таблиц для быстрого подсчета объемов круглых лесоматериалов (бревен), определяемых по толщине верхнего торца и длине бревна.

В приведенном перечне указаны далеко не все существующие стандарты по ДК, а лишь основные из них, которых можно смело придерживаться при проектировании, лесозаготовке и строительстве, а также ссылаться на них в рабочих чертежах и другой технической документации. При помощи большинства вышеуказанных запускается важнейший процесс стандартизации, который оптимизирует эффективность и качество всей лесной промышленности.

## **1.4 Деревянное домостроение в Сибири**

В Сибири большие перепады температур, требуется повышенное тепловое сопротивление. Очень трудно достичь данного показателя, используя древесину в чистом виде без дополнительного утепления. Поэтому, исходя из анализа отечественного и зарубежного опытов проектирования малоэтажных

деревянных домов, было решено рассмотреть вариант ограждающей конструкции из клееного бруса.

Клееный брус имеет ряд преимуществ:

1) Высокая прочность.

В ходе изготовления клееного бруса деревянные ламели тщательно подгоняются и плотно стягиваются, а собранные в брусья смежные слои древесины с различным направлением волокон – склеиваются между собой. Такая технология сборки и склеивания конструкции из клееной древесины обеспечивает материалу высокую прочность (на 50–70% выше, чем у цельного дерева), устойчивость к существенным нагрузкам и разнообразным негативным воздействиям. Благодаря повышенным прочностным характеристикам стройматериала, открывается возможность для увеличения габаритов несущих конструкций домов, а также пролетов, оконных проемов и других элементов при его использовании.

2) Отсутствие трещин.

Поскольку наружные ламели в таких брусьях размещаются сердцевинной наружу, это оберегает внешнюю поверхность строительного материала от появления микротрещин. Это объясняется тем, что естественные микротрещины на древесине зачастую появляются по направлению от центра к краям. Поэтому, если они и возникнут, то будут размещаться внутри, а не снаружи бруса.

3) Минимальная усадка.

В отличие от профилированного бруса и цельных бревен, клееный брус основательно высушивается в специальных сушильных камерах и имеет относительную влажность в пределах 8–12%. Благодаря этому, дома и другие строения из него имеют минимальную усадку – до 1%. Поэтому разводку внутренних коммуникаций в таких зданиях можно выполнять сразу после их возведения.

Для сравнения, обычные бревна имеют влажность порядка 30% и в среднем дают усадку на 10–15%. Клееная древесина уверенно сохраняет свою геометрию и размеры, уверенно противостоит деформациям и формирует монолитную конструкцию.

4) Экологическая безопасность.

Это еще одно из преимуществ клееного бруса. Благодаря изготовлению из натуральной древесины, клееный брус абсолютно безопасен для здоровья людей и домашних питомцев, способствует созданию комфортного микроклимата и не выделяет вредных веществ. Хотя при его производстве используется клей, он экологически безопасен и, к тому же, обладает антисептическими свойствами.

5) Долговечность.

При использовании качественного материала и соблюдении технологии строительства дома из клееного бруса могут верно служить своим хозяевам много десятилетий, стойко сохраняя при этом свои эксплуатационные характеристики. В отличие от цельной древесины, такой материал устойчив к грибковым поражениям, гниению и появлению жучков-древоточцев, поэтому и служит он гораздо дольше. Точный срок эксплуатации домов из клееного бруса

назвать сложно, поскольку использовать данный материал начали относительно недавно. Но по мнению многих экспертов такие дома способны служить очень долго, причем без больших эксплуатационных затрат – обрабатывать их защитными составами нужно примерно раз в 10–15 лет.

6) Технологичность монтажа и быстрые сроки строительства.

Благодаря особой технологии сборки, дом площадью 200 м<sup>2</sup> можно собрать на готовом фундаменте примерно за неделю, причем строительство допускается проводить зимой. Возведение таких домов «под ключ» длится максимум 9 месяцев. Возможность быстрого возведения таких строительных объектов объясняется высокой точностью изготовления клееного бруса со строгим соблюдением температурно-влажностного режима.

7) Отсутствие потребности в уплотнениях.

Поскольку брусья идеально ровные и безупречно подогнаны друг к другу, они укладываются без малейших щелей и не нуждаются в уплотнениях.

8) Малый удельный вес материала.

Благодаря небольшому удельному весу клееного бруса (600–900 кг/м<sup>3</sup>), строения из него можно возводить без организации глубоких и тяжелых фундаментов. Это позволяет существенно сэкономить средства при строительстве.

9) Устойчивость к биологическому разрушению.

Этот строительный материал не имеет щелей и трещин, устойчиво противостоит воздействию влаги и неподвержен поражению насекомыми-вредителями, грибами и гнилью. К тому же, в ходе изготовления клееный брус подвергается антисептической обработке, обретая высокий уровень защищенности от биологического разрушения.

10) Высокий уровень пожароустойчивости (R6).

Благодаря отсутствию в таком материале щелей и трещин, его затруднительно поджечь. Чтобы клееный брус загорелся, нужно минимум 5 минут воздействовать на него мощным направленным пламенем. К тому же, в отличие от бетона, кирпича или пеноблока, клееная древесина не обрушивается при прогорании к основанию. Не зря в Европе этот материал успешно применяется для создания балок перекрытий и столбов.

11) Красивый внешний вид и изобилие архитектурных решений.

Этот стройматериал эстетично выглядит и производится длиной до 12 м, что позволяет воплощать в жизнь самые смелые и оригинальные архитектурные идеи. Наличие гнутых деталей существенно расширяет возможности использования клееной древесины для реализации экстерьерных решений, включая дуговые и арочные элементы декора.

12) Возможность экономии на внутренней и внешней отделке.

Такой материал имеет безупречно гладкую поверхность и презентабельный вид, поэтому он не нуждается в применении отделочных материалов. Достаточно просто подчеркнуть естественную красоту дерева с помощью бесцветного лака или, при желании, использовать тонирующее средство.



### 13) Высокая энергоэффективность.

Благодаря низкой теплопроводности клееной древесины и герметичной укладке брусьев, созданные из них объекты строительства уютные и теплые. Они не требуют больших затрат на отопление, хорошо сохраняют тепло в холодную пору и прохладу летом. Экономия на отоплении по сравнению с домами из кирпича или оцилиндрованного бруса достигает 40%. Обычно в зданиях из клееного бруса утепляют только пол и крышу.

На основе анализа отечественного и зарубежного опытов проектирования деревянного домостроения были выбраны следующие технические решения:

1) Первый вариант представляет собой ограждающую конструкцию из 2-х клееных брусьев 120x100 мм между которыми расположена воздушная прослойка (рисунок 1.38). Предлагаю рассмотреть варианты с толщиной воздушной прослойкой 10, 20 и 40 мм.

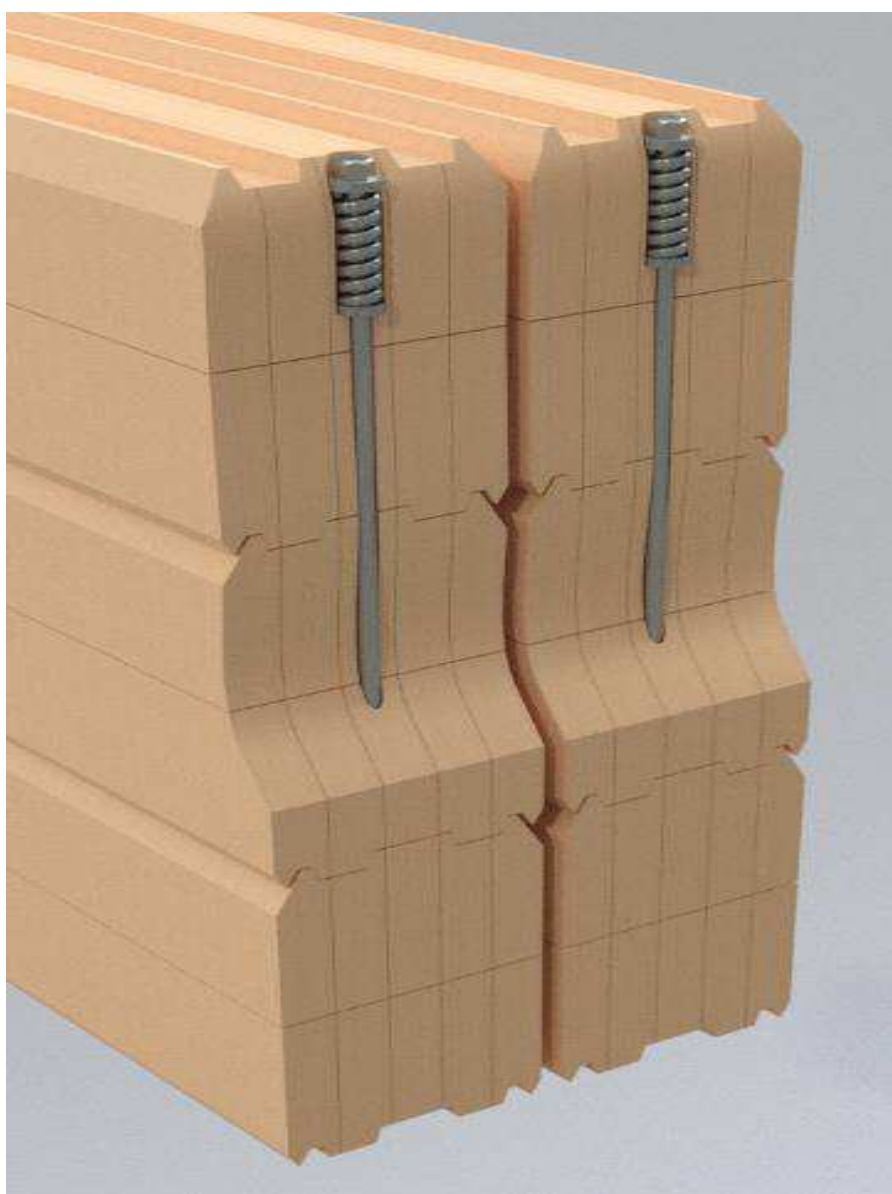


Рисунок 1.38 – Ограждающая конструкция из 2-х клееных брусьев 120x100 мм с воздушной прослойкой 10(40) мм.



2) Второй вариант представляет собой ограждающую конструкцию из одного клееного бруса 240x200 мм без воздушной прослойки (рисунок 1.39).

Данный вариант был выбран с целью сравнения с вариантом, имеющим воздушную прослойку.

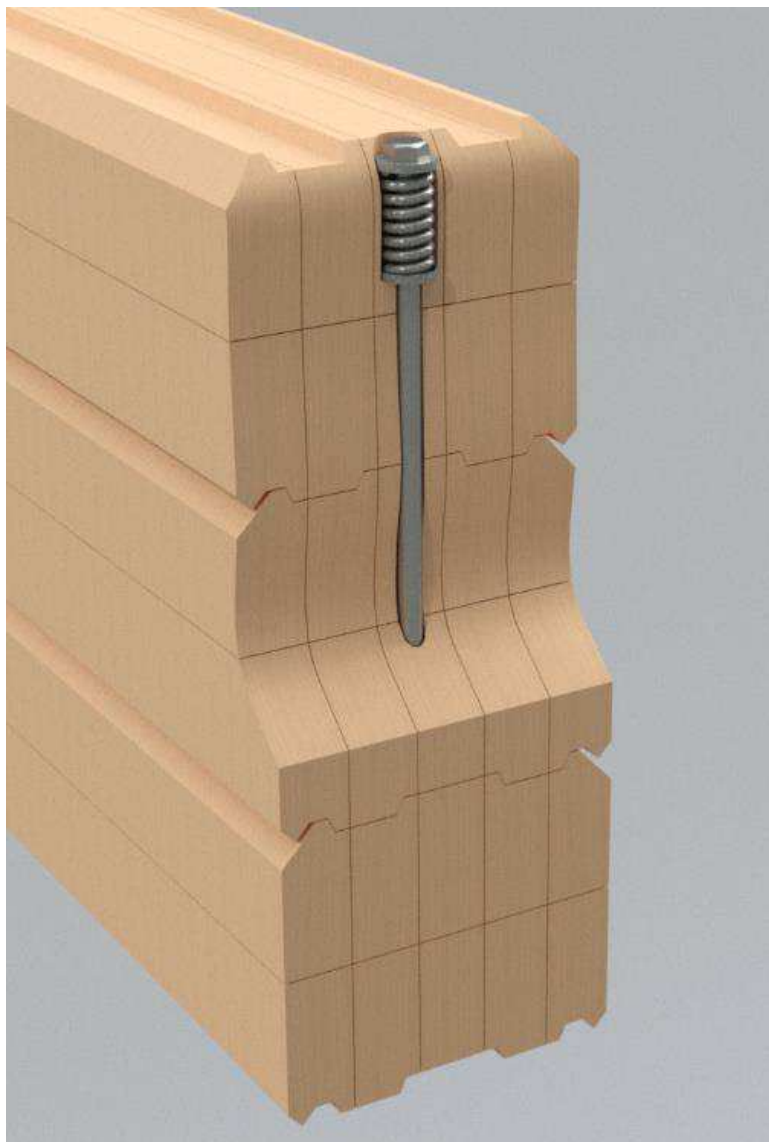


Рисунок 1.39 – Ограждающая конструкция из клееного бруса 240x200 мм

## **Выводы по 1-й главе**

На основе анализа отечественного и зарубежного опытов проектирования деревянного домостроения были выбраны следующие технические решения:

1) Первый вариант представляет собой ограждающую конструкцию из 2-х клееных брусьев 120x100 мм между которыми расположена воздушная прослойка толщиной (рисунок 1.38). Предлагаю рассмотреть варианты с толщиной воздушной прослойкой 10, 20 и 40 мм.

2) Второй вариант представляет собой ограждающую конструкцию из одного клееного бруса 240x200 мм без воздушной прослойки (рисунок 1.39).

Данный вариант был выбран с целью сравнения с вариантом, имеющим воздушную прослойку.

## 2 Глава 2. Методы исследования

### 2.1 Теплообмен в воздушной прослойке

Идея замены части строительного материала конструкций воздушными прослойками возникла вследствие небольшого значения коэффициента теплопроводности воздуха  $\lambda=0.026 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ , определяющее его кондуктивную составляющую, но тепловое сопротивление воздуха определяется не только его кондуктивной составляющей, но и конвективной.

То есть следует учитывать 2 механизма передачи тепла (рисунок 2.1): механизм кондуктивного переноса тепла (за счет упругих колебаний молекул) и механизм конвективного теплообмена.

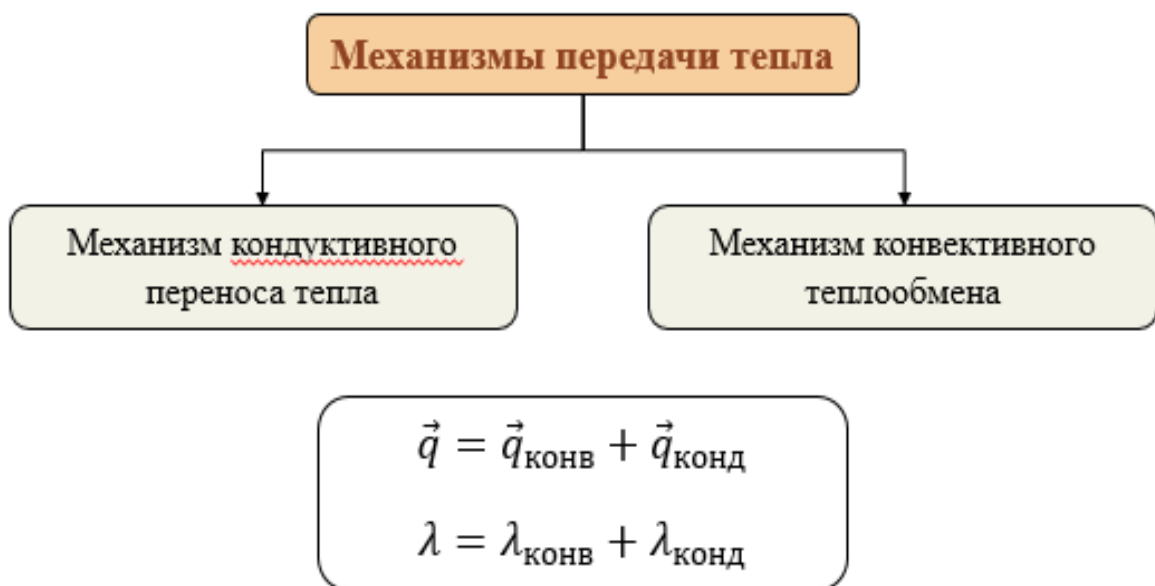


Рисунок 2.1 – Механизмы передачи тепла через воздушную прослойку

Конвективный теплообмен будет связан с тем, что вдоль горячей стенки будут наблюдаться вверх идущие потоки воздуха, это означает, что внутри нашей полости будет циркулировать воздушный поток, который и будет приводить к конвективному теплообмену (рисунок 2.2).

Величина данного потока будет определяться, в первую очередь, трением воздуха по отношению к стенке, иными словами, расстоянием от одной стенки до другой.

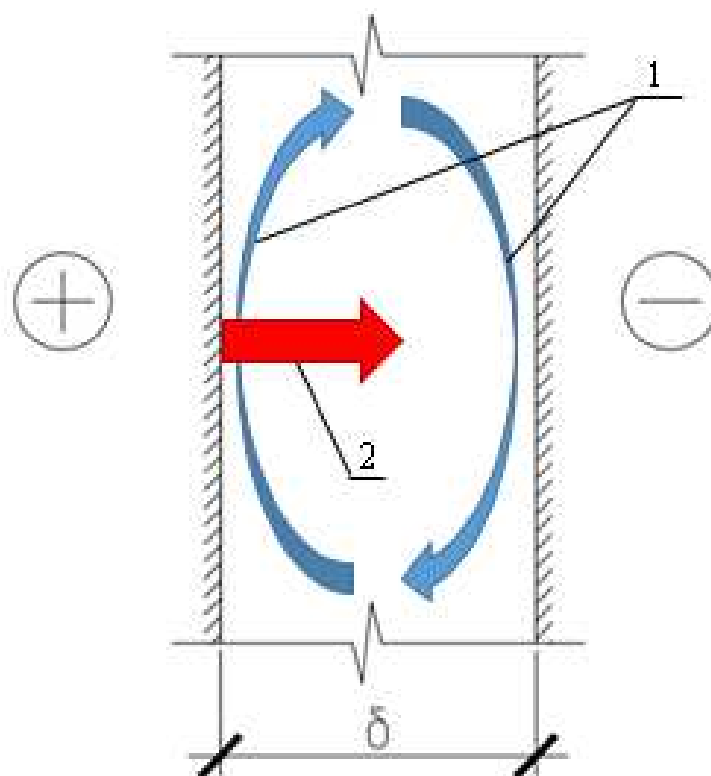


Рисунок 2.2 –Схема передачи тепла через воздушную прослойку:  
1 – путем конвекции; 2 –путем теплопроводности

## 2.2 Математическая модель

Оценка эффективности использования, предложенного в п. 1.4, гл. 1 технического решения, может быть проведена путем решения задачи тепломассообмена, включающую в себя совместное решения уравнений теплопроводности, диффузии и Навье-Стокса.

Наличие уравнения Навье-Стокса практически всегда усложняет математическую модель. Для упрощения математической задачи целесообразно использовать различные упрощения. Наиболее простым из которых является модель турбулентности  $k-\epsilon$ .

Основным параметром, влияющим на процесс тепломассообмена в данных условиях, является скорость воздушного потока в канале, с обязательным введением воздушного зазора между двумя брусками. При этом циркуляция воздуха в канале может осуществляться как в процессе естественной конвекции из-за разницы температур, так и в процессе вынужденной конвекции при наличии специальных устройств, рассмотрение которых выходит за рамки поставленной задачи. В тоже время варьируя толщину воздушного зазора, а, следовательно, и скорость воздушного потока, можно управлять тепломассообменом, меняя тепловое сопротивление и скорость выпадения конденсата.

Интенсивность выпадения конденсата определяется внешней температурой, чем она ниже, тем интенсивность выше. Соответственно



рассматриваемую задачу целесообразно решать в экстремальных погодных условиях (температура наиболее холодной пятидневки), согласно [12].

Для решения поставленной задачи воспользуемся следующей системой уравнений (2.1):

$$\left\{ \begin{array}{l} \left( \frac{\partial}{\partial x} \lambda \frac{\partial T}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \rho C_p (\vec{u} \nabla T) = 0 \\ \left( \frac{\partial}{\partial x} \mu \frac{\partial e}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \mu \frac{\partial e}{\partial y} \right) + (\vec{u} \nabla e) = 0 \\ E = 1,84 \times 10^{11} \exp \left( \frac{-5330}{T} \right) \\ \varphi = \frac{e}{E} 100\% \\ p(u \nabla u) = \nabla \left[ -pI + (\eta + \eta_T) (\nabla u + (\nabla u)^T) \right] + F \\ \nabla u = 0 \end{array} \right. \quad (2.1)$$

где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·град);

$T$  – температура, К;

$\mu$  – коэффициент паропроницаемости, кг/(с·м·Па);

$E$  – давление насыщенного водяного пара, Па;

$\varphi$  – относительная влажность, %;

$e$  – парциальное давление водяного пара, Па;

$u$  – вектор скорости, м/с;

$p$  – давление, Па;

$\eta$  – динамическая вязкость, Па·с;

$F$  – поле внешних сил, Н/м<sup>3</sup>;

$k$  – кинетическая энергия объема, Дж/м<sup>3</sup>.

Задача для конвективного члена решалась только для воздушной прослойки.

### 2.3 Условия однозначности

Дифференциальные уравнения описывают процесс теплопроводности в самом общем виде. Чтобы решить конкретную задачу, нужно дифференциальное уравнение дополнить математическим описанием всех частных особенностей поставленной задачи, то есть дать ее однозначное описание. Эти особенности называются условиями однозначности, или краевыми условиями.

Условия однозначности включают в себя:

1) геометрические условия, описывающие форму и размеры тела, в котором протекает процесс;

2) физические условия, характеризующие физические свойства тела;

3) граничные условия, характеризующие взаимодействие окружающей среды с поверхностью тела.

### 2.3.1 Геометрические условия, описывающие форму и размеры тела, в котором протекает процесс

Геометрические условия, описывающие форму и размеры тела, в котором протекает процесс представлены на рисунке 2.3

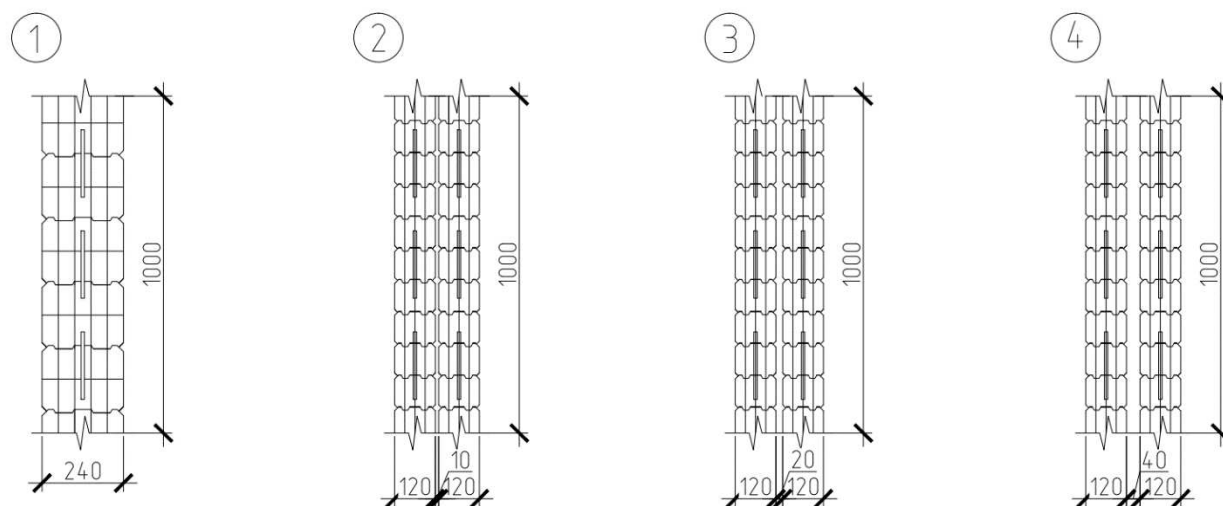


Рисунок 2.3 – Геометрические условия, описывающие форму и размеры тела, в котором протекает процесс

На рисунке 2.3 представлены чертежи рассматриваемых ограждающих конструкций (1-4). Для удобства сведем описание данных схем в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Описание ограждающих конструкций

№	Наименование
1	Ограждающая конструкция из клееного бруса 240х200 мм
2	Ограждающая конструкция из 2-х клееных брусьев 120х100 мм с воздушной прослойкой 10 мм
3	Ограждающая конструкция из 2-х клееных брусьев 120х100 мм с воздушной прослойкой 20 мм
4	Ограждающая конструкция из 2-х клееных брусьев 120х100 мм с воздушной прослойкой 40 мм

### 2.3.2 Физические условия, характеризующие физические свойства тела

Расчетные характеристики материалов наружной ограждающей конструкции из клееного бруса 240х200 мм, согласно [11], представлены в таблице 2.2

Расчетные характеристики материалов для наружной ограждающей конструкции из 2-х клееных брусьев 120x100 мм с воздушной прослойкой 10(40) мм, согласно [11], представлены в таблице 2.3

Таблица 2.2 – Расчетные характеристики материалов наружной ограждающей конструкции из клееного бруса 240x200 мм

Номер слоя	Материал	Толщина слоя, $\delta$ , мм	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Теплопроводность $\lambda$ , Вт/(м·°С)	Паропроницаемость $\mu$ , мг/(м·ч·Па)
1	Клееный брус 240x200	240	580	0,14(0,29)	0,06(0,032)

Таблица 2.3 – Расчетные характеристики материалов наружной ограждающей конструкции из 2-х клееных брусьев 120x100 мм с воздушной прослойкой 10(40) мм

Номер слоя	Материал	Толщина слоя, $\delta$ , мм	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Теплопроводность $\lambda$ , Вт/(м·°С)	Паропроницаемость $\mu$ , мг/(м·ч·Па)
1	Клееный брус 120x100	120	580	0,14(0,29)	0,06(0,032)
2	Воздушная прослойка 10(40) мм	10(40)	1,225	0,026	-
3	Клееный брус 120x100	120	580	0,14(0,29)	0,06(0,032)

### 2.3.3 Граничные условия, характеризующие взаимодействие окружающей среды с поверхностью тела

Для моделирования расчетной схемы, представленной в п. 2.3.1, необходимо задать граничные условия, принимаемые по [12].

Граничные условия представлены в таблице 2.4

Таблица 2.4 – Граничные условия, характеризующие взаимодействие окружающей среды с поверхностью тела

Наименование	Обозначение	Ед. Изм.	Значение
Расчетная температура наружного воздуха	$t_n$	°С	-37
Расчетная температура внутреннего воздуха	$t_b$	°С	+21
парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха	$e_b$	Па	1256
парциальное давление водяного пара наружного воздуха	$e_n$	Па	160
Коэффициент теплоотдачи внешний	$\alpha_n$	Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)	23
Коэффициент теплоотдачи внутренний	$\alpha_b$	Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)	8,7

## **Выводы по 2-й главе**

- 1) Исследован процесс теплообмена в воздушной прослойке. Определены механизмы передачи тепла через воздушную прослойку.
- 2) Предложено дифференциальное уравнение, позволяющее описать процесс теплообмена в рассматриваемых технических решениях.
- 3) Для решения дифференциального уравнения, описывающего процесс теплообмена в рассматриваемых технических решениях, дано математическое описание всех частных особенностей поставленной задачи, то есть ее однозначное описание.



### 3 Глава 3. Результаты численного исследования

#### 3.1 Конвективный теплообмен в воздушной прослойке

Конвективный теплообмен в воздушной прослойке представлен на рисунке 3.1.

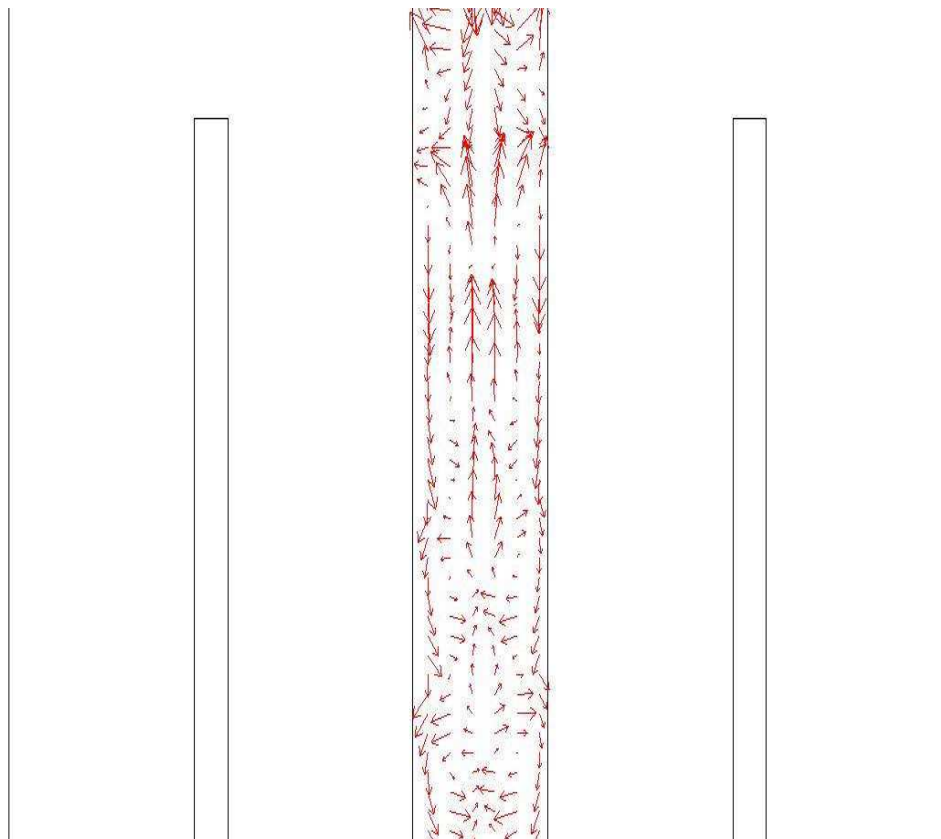


Рисунок 3.1 – Конвективный теплообмен в воздушной прослойке

В воздушной прослойке тепло может передаваться как за счет конвективной, так и за счет кондуктивной составляющей, причем конвективная и кондуктивная составляющие накладываются друг на друга и суммарное значение коэффициента теплопроводности может быть выражено как эффективное.

В результате выполнения численных расчетов получен график зависимости эффективного коэффициента теплопроводности от толщины воздушной прослойки, который представлен на рисунке 3.2

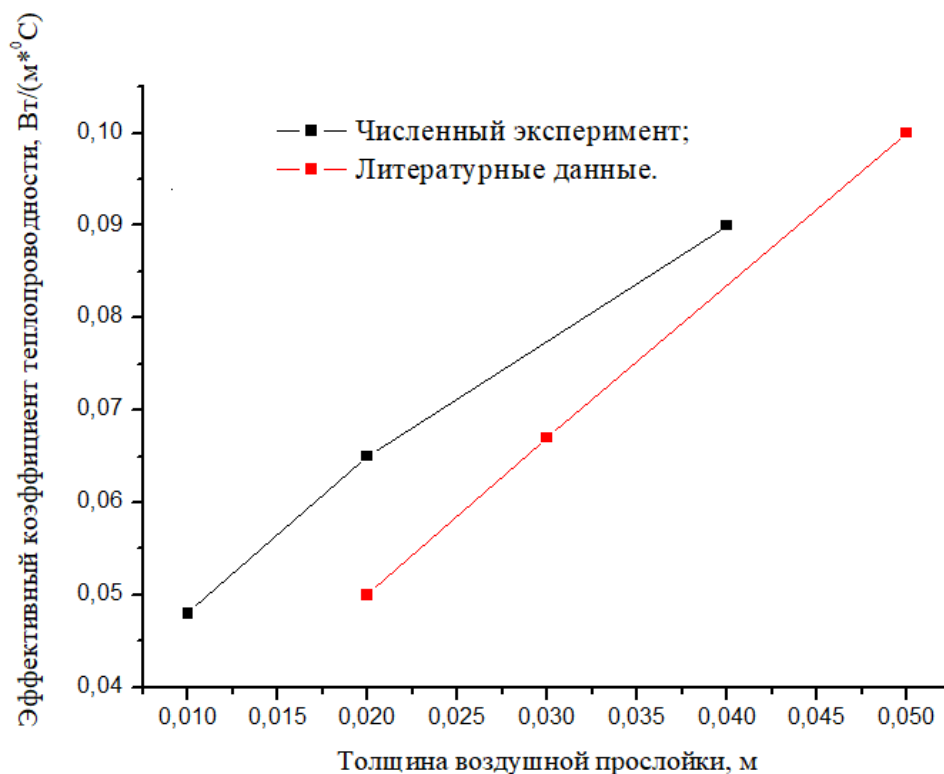


Рисунок 3.2 – График зависимости эффективного коэффициента теплопроводности от толщины воздушной прослойки

Увеличение толщины воздушной прослойки приводит к увеличению эффективного коэффициента теплопроводности. Если сравнивать расчетные значения и значения, взятые по [6], то можно сделать вывод, что результаты сходятся. Отклонение составляет не больше 20%.

### 3.2 Температурные характеристики

Решение задачи распределения температурных полей в материале сводится к решению системы уравнений, представленной в п. 2.2, гл. 2. В проведенном расчете были использованы тепло-влажностные характеристики материалов (табл. 2.2; 2.3, п. 2.3.2, гл. 2) и граничные условия (табл. 2.4, п. 2.3.3, гл. 2). Значения температурных полей в материале в интервале рабочих температур от  $-37\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+21\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Распределение температурных полей в рассматриваемых ограждающих конструкциях представлено на рисунке 3.3

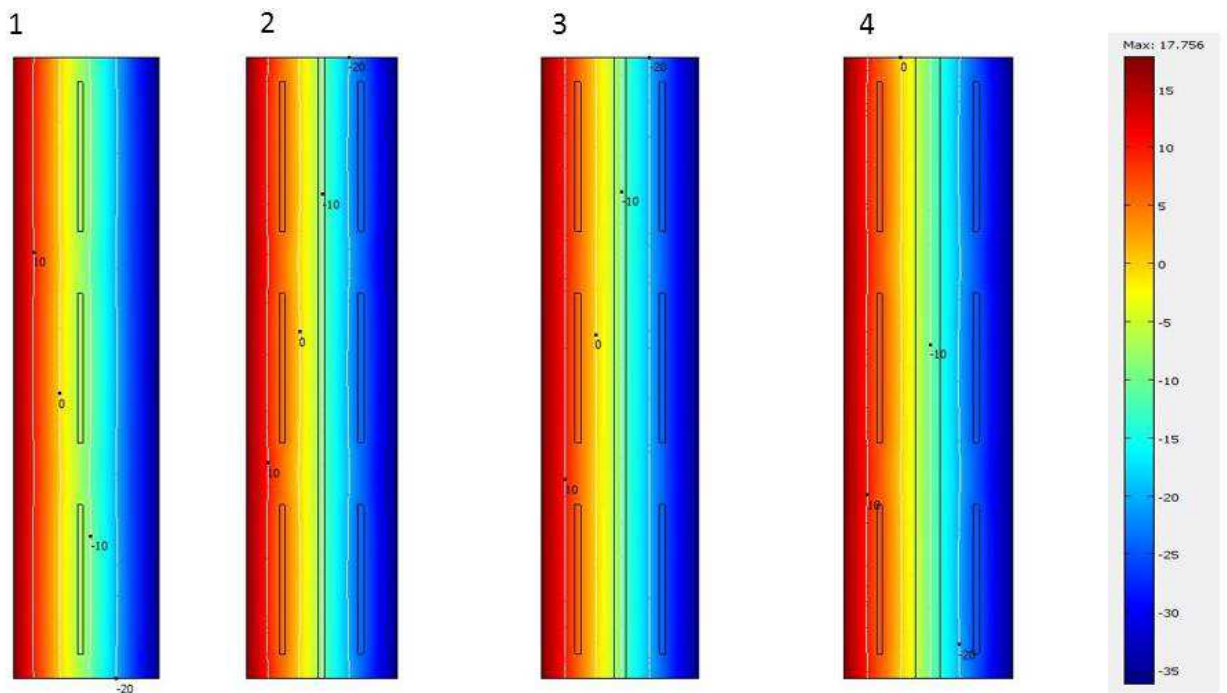


Рисунок 3.3 – Распределение температурных полей в рассматриваемых ограждающих конструкциях

Результаты расчета сведены в таблицу 3.1

Таблица 3.1 – Результаты расчета

Показатель				
Удельный тепловой поток, $q$ , Вт/м <sup>2</sup>				
Сопротивление теплопередачи, $R$ , (м <sup>2</sup> · °С)/ Вт				

Для наглядности, полученные результаты представим в виде графиков. Изменение удельного теплового потока  $q$ , Вт/ м<sup>2</sup> представлено на рисунке

3.4



Рисунок 3.4 – Изменение удельного теплового потока  $q$ , Вт/ м<sup>2</sup>

Изменение сопротивления теплопередачи,  $R$ , ( $\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$  представлено на рисунке 3.5

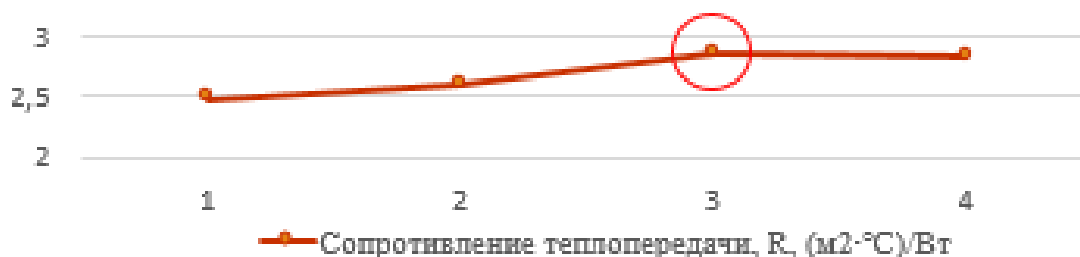


Рисунок 3.5 – Изменение сопротивления теплопередачи,  $R$ , ( $\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$

По результатам расчета видно, что на первом этапе наблюдается повышение теплового сопротивления с ростом толщины воздушной прослойки. При достижении толщины воздушной прослойки 20 мм тепловое сопротивление начинает снижаться в связи с повышением конвективной составляющей.

### 3.3 Температурно-влажностные характеристики

Решение задачи распределения полей парциальных давлений в материале сводится к решению системы уравнений, представленной в п. 2.2, гл. 2. В проведенном расчете были использованы тепло-влажностные характеристики материалов (табл. 2.2; 2.3, п. 2.3.2, гл. 2) и граничные условия (табл. 2.4, п. 2.3.3, гл. 2).

Распределение эффективной относительной влажности в рассматриваемых ограждающих конструкциях представлено на рисунке 3.6



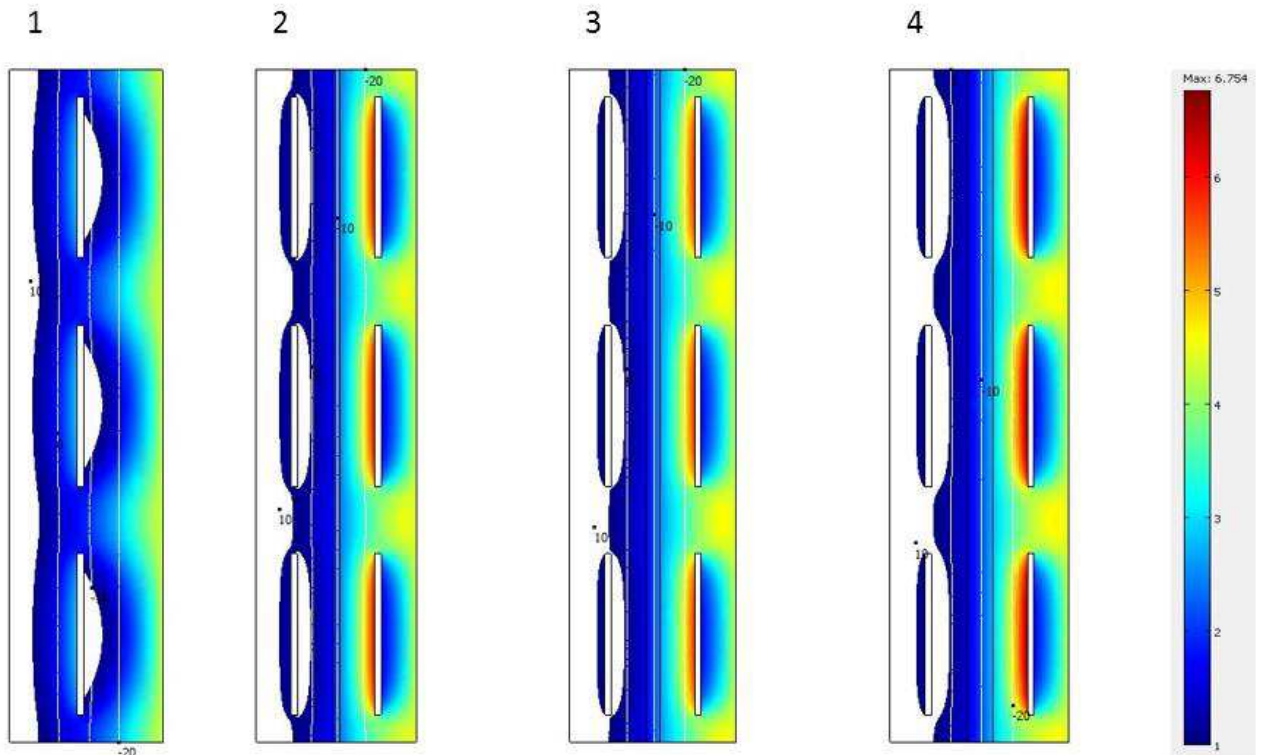


Рисунок 3.6 – Распределение эффективной относительной влажности в рассматриваемых ограждающих конструкциях

В реальности влажности воздуха не может быть больше чем 100 %, однако, для оценки потенциальной возможности ограждающей конструкции введем величину, определяемую следующим образом:

$$\text{если } \varphi > 1; I = \frac{1}{S_0} \iint \varphi \, dS \quad (3.1)$$

где  $S_0$  – площадь расчетной области,  $m^2$ .

Данная величина характеризует интегральную вероятность выпадения конденсата в конструкции в процессе ее эксплуатации.

Результаты расчета сведены в таблицу 3.2

Таблица 3.2 – Результаты расчета

Показатель				
Интегральная вероятность выпадения конденсата в конструкции в процессе ее эксплуатации, I				

Для наглядности, полученные результаты представим в виде графика.

Изменение интегральной вероятности выпадения конденсата в конструкции в процессе ее эксплуатации, I представлено на рисунке 3.7



Рисунок 3.7 – Изменение интегральной вероятности выпадения конденсата в конструкции в процессе ее эксплуатации, I

Как можем видеть, во многих случаях мы наблюдаем, что эффективная относительная влажность в рассматриваемых ограждающих конструкциях превышает единицу, то есть существует возможность выпадения конденсата. Вокруг любого металлического включения повышается вероятность выпадения конденсата, причем с увеличением толщины воздушной прослойки и, как следствие, увеличением теплового сопротивления, вероятность выпадения конденсата во внешнем слое увеличивается, особенно около металлических включений, что связано с их высокой теплопроводностью.

### **Выводы по 3-й главе**

1) Проведены численные исследования процесса тепломассообмена ограждающих конструкций с воздушными прослойками 10, 20 и 40 мм. Исходя из полученных результатов выбрана ограждающая конструкция, имеющая толщину воздушной прослойки 20 мм и обладающая наибольшим тепловым сопротивлением  $2,86 \text{ м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$ .

2) Проведены численные исследование влияния толщины воздушной прослойки на тепловлажностные характеристики наружных ограждающих конструкций. Показано, что с увеличением толщины воздушной прослойки и, как следствие, увеличением теплового сопротивления, вероятность выпадения конденсата во внешнем слое увеличивается, особенно около металлических включений.

## 4 Глава 4. Экономическая оценка

### 4.1 Краткая характеристика и описание ограждающих конструкций из клееного бруса

#### Ограждающая конструкция из клееного бруса 240x200 мм

Ограждающая конструкция из клееного бруса 240x200 мм представлена на рисунке 4.1. Расчетные характеристики материалов ограждающей конструкции из клееного бруса 240x200 мм представлены в таблице 4.1.

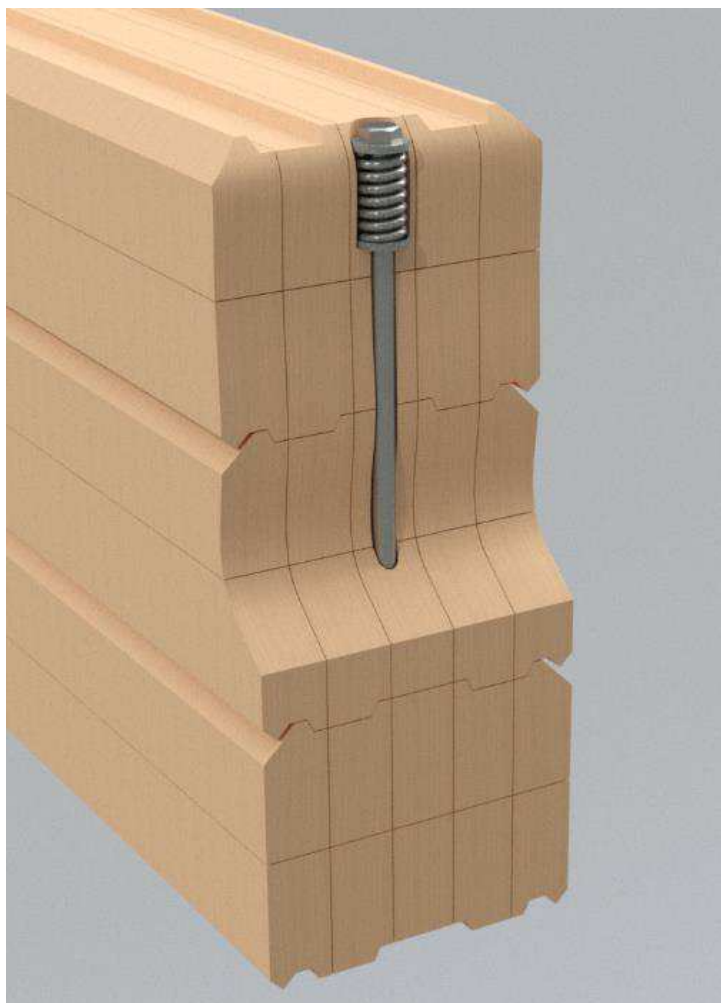


Рисунок 4.1 – Ограждающая конструкция из клееного бруса 240x200 мм

Таблица 4.1 – Расчетные характеристики материалов ограждающей конструкции из клееного бруса 240x200 мм

Номер слоя	Материал	Толщина слоя, $\delta$ , мм	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Теплопроводность $\lambda$ , Вт/(м·°C)	Паропроницаемость $\mu$ , мг/(м·ч·Па)
1	Клееный брус 240x200	240	580	0,14(0,29)	0,06(0,032)

Ограждающая конструкция из 2-х клееных брусьев 120x100 мм с воздушной прослойкой 20 мм

Ограждающая конструкция из 2-х клееных брусьев 120x100 мм с воздушной прослойкой 20 мм представлена на рисунке 4.2. Расчетные характеристики материалов ограждающей конструкции из 2-х клееных брусьев 120x100 мм с воздушной прослойкой 20 мм представлены в таблице 4.2.

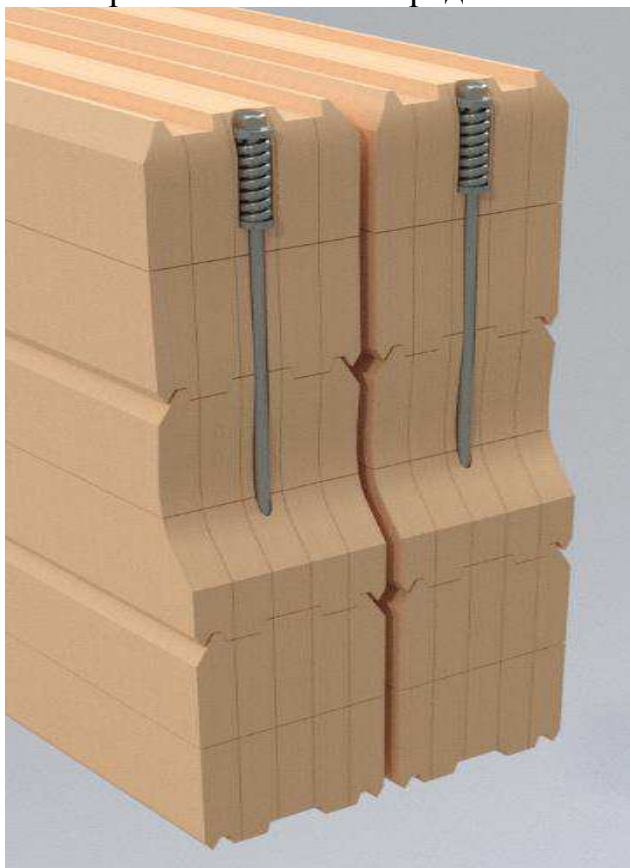


Рисунок 4.2 – Ограждающая конструкция из 2-х клееных брусьев 120x100 мм с воздушной прослойкой 20 мм.

Таблица 4.2 – Расчетные характеристики материалов ограждающей конструкции из 2-х клееных брусьев 120x100 мм с воздушной прослойкой 20 мм

№ слоя	Материал	Толщина слоя, $\delta$ , мм	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Теплопроводность $\lambda$ , Вт/(м·°С)	Паропроницаемость $\mu$ , мг/(м·ч·Па)
1	Клееный брус 120x100	120	580	0,14(0,29)	0,06(0,032)
2	Воздушная прослойка 10(40) мм	10(40)	1,225	0,026	-
3	Клееный брус 120x100	120	580	0,14(0,29)	0,06(0,032)



## 4.2 Локальный сметный расчет ограждающих конструкций

Для определения стоимости ограждающих конструкций произведен локальный сметный расчет стоимости базисно-индексным методом.

Локальный сметный расчет ограждающих конструкций представлен в таблицах А.1, А.2 (приложение А).

Результаты локального сметного расчета сведены в таблицу 4.3

Таблица 4.3 – Результаты локального сметного расчета

Показатель	Ограждающая конструкция из клееного бруса 240x200 мм	Ограждающая конструкция из 2-х клееных брусьев 120x100 мм с воздушной прослойкой 20 мм.
Стоимость ограждающей конструкции, руб/м <sup>2</sup>	12 849,54	11 957,17
Стоимость ограждающей конструкции, руб/м <sup>3</sup>	64 247,7	59 785,85
В том числе:		
Стоимость работы, руб/м <sup>3</sup>	4 165,14	8 082,40
Стоимость материалов руб/м <sup>3</sup>	60 082,55	51 703,45

По результатам расчета видно, что, не смотря на увеличенную стоимость работ по устройству ограждающей конструкции из 2-х клееных брусьев 120x100 мм, за счет меньших затрат на материалы, данная конструкция экономически целесообразнее чем конструкция из клееного бруса 240x200 мм на 6,95% в перерасчете на м<sup>2</sup>(м<sup>3</sup>) ограждающей конструкции.

## 4.3 Экономическая оценка

Для определения наиболее выгодного варианта следует рассмотреть долгосрочную перспективу использования каждой ограждающей конструкции. Для этого, необходимо учесть уровень инфляции для определения роста общего уровня цен в будущем.

Согласно документу «Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2036 года», опубликованного Министерством экономического развития РФ, инфляция в 2021-2036 годах составит 4%.

Рассмотрим суммарные затраты в долгосрочной перспективе с учетом стоимости ограждающей конструкции, руб/м<sup>2</sup> (таблица А.3, приложение А), затрат на централизованное отопление в год, руб/м<sup>2</sup> (таблица 4.4) и уровня инфляции для каждой ограждающей конструкции.

Таблица 4.4 – Затраты на централизованное отопление в год

Показатель	Ограждающая конструкция из клееного бруса 240x200 мм	Ограждающая конструкция из 2-х клееных брусьев 120x100 мм с воздушной прослойкой 30(50) мм.
Теплопотери, Вт·ч/м <sup>2</sup>	22,98	19,88
Теплопотери, Гкал·год/м <sup>2</sup>	0,17301	0,14971
Затраты на централизованное отопление в год, руб/м <sup>2</sup>	292,18	252,83

Результаты расчета представлены в таблице А.3 (приложение А).

По результатам технико-экономической оценки видно, что суммарные затраты на строительство и отопление 1 м<sup>2</sup> ограждающей конструкции из 2-х клееных брусьев 120x100 мм с воздушной прослойкой 20 мм составят 17 019,7 рублей за м<sup>2</sup>, что на 9,87% меньше относительно варианта из клееного бруса 240x200 мм.

## **Выводы по 4-й главе**

Проведена экономическая оценка перспектив использования предложенных технических решений ограждающих конструкций. Самым экономически выгодным в долгосрочной перспективе является техническое решение представляющее собой ограждающую конструкцию из 2-х клееных брусьев 120x100 мм с воздушной прослойкой 20 мм, суммарные затраты которой составят 17 019,7 руб/м<sup>2</sup>, что на 9,87% меньше относительно варианта из клееного бруса 240x200 мм без воздушной прослойки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1) На основе анализа отечественного и зарубежного опытов проектирования деревянного домостроения было предложено техническое решение ограждающей конструкции из 2-х клееных брусев 120x100 мм с воздушной прослойкой. В качестве сравнения было предложено техническое решение из клееного бруса 240x200 мм без воздушной прослойки.

2) Проведены численные исследования процесса теплообмена ограждающих конструкций с воздушными прослойками 10, 20 и 40 мм. Исходя из полученных результатов выбрана ограждающая конструкция, имеющая толщину воздушной прослойки 20 мм и обладающая наибольшим тепловым сопротивлением  $2,86 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ .

3) Проведены численные исследования влияния толщины воздушной прослойки на тепловлажностные характеристики наружных ограждающих конструкций. Показано, что увеличение толщины воздушной прослойки приводит к увеличению вероятности выпадения конденсата.

4) Проведена экономическая оценка перспектив использования предложенных технических решений ограждающих конструкций. Самым экономически выгодным в долгосрочной перспективе является техническое решение представляющее собой ограждающую конструкцию из 2-х клееных брусев 120x100 мм с воздушной прослойкой 20 мм, суммарные затраты которой составят 17 019,7 руб/м<sup>2</sup>, что на 9,87% меньше относительно варианта из клееного бруса 240x200 мм без воздушной прослойки.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

### Нормативные законодательные акты

- 1 Градостроительный кодекс Российской Федерации. Федеральный закон от 29.12.2004 г. № 190-ФЗ. – Москва, Кремль: АО «Кодекс», 2019. – 540 с.
- 2 Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ. – Москва, Кремль: АО «Кодекс», 2019. – 89 с.
- 3 Технический регламент о безопасности зданий и сооружений от 30.12.2009 г. №384-ФЗ. – Москва, Кремль: АО «Кодекс», 2019 – 42 с.
- 4 Технический регламент о требованиях пожарной безопасности от 22.07.2008 г. №123-ФЗ. – Москва, Кремль: АО «Кодекс», 2018 – 145 с.

### Стандарты и другие нормативные документы

- 5 СП 42.13330.2016 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89\*. – Введ. 01.07.2017. – М.: Стандартинформ, 2017. – 127 с.
- 6 СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 (с Изменением N 1). – Введ. 30.06.2012. – М. : Минрегион России, 2012. – 98 с.
- 7 СП 51.13330.2011 Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 (с Изменением N 1). – Введ. 28.12.2010. – М.: ОАО "ЦПП", 2010 г. – 123 с.
- 8 СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*. – Введ. 07.11.2016. – М.: Стандартинформ, 2017 г. – 87 с.
- 9 СП 55.13330.2016 Дома жилые одноквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-02-2001 (с Изменением N 1). – Введ. 20.10.2016. – М.: Стандартинформ, 2018 г. – 132 с.
- 10 СП 64.13330.2017 Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80 (с Изменениями N 1, 2). – Введ. 27.02.2017. – М.: Стандартинформ, 2017 г. – 148 с.
- 11 СНиП 21-01-97\* Пожарная безопасность зданий и сооружений (с Изменениями N 1, 2). – Введ. 13.02.1997. – М.: ГУП ЦПП, 2002 г. – 152 с.
- 12 СП 131.13330.2018 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\* (с Изменением N 1). – Введ. 28.11.2018. – М. : Стандартинформ, 2019. – 114 с.



## Электронные ресурсы

13 Варфоломеев А. Ю. Анализ опыта малоэтажного деревянного домостроения / А. Ю. Варфоломеев // Вестник ТГАСУ. Строительство и архитектура. – 2010. – №7. С. 72-80.

14 Ефимов Е. М. Деревянное домостроение в России: Состояние, проблемы и перспективы развития / Е. М. Ефимов // Бизнес в законе. Строительство и архитектура. – 2011. – №2. С. 239-241.

15 Кондратюк В. А., Косарев В. А. О задачах и путях развития деревянного домостроения в России. / В. А. Кондратюк, В. А. Косарев // ЛЕСНОЙ ВЕСТНИК. Технология деревянного домостроения. – 2012. – №8. С. 79-84.

16 Кобелева С. А. Перспективы деревянного домостроения / С. А. Кобелева // ЛЕСНОЙ ВЕСТНИК. Технология деревянного домостроения. – 2013. – №4. С. 132-136.

17 Ларионов Л. А., Нежникова Е. В. Приоритетное развитие деревянного домостроения – детерминанта повышения качества объектов малоэтажного жилищного строительства / Л. А. Ларионов, Е. В. Нежникова // ВЕСТНИК ИрГТУ. Социально-экономические и общественные науки. – 2015. – №3. С. 262-268.

18 Власов А. В., Кардаш Е. В., Грешкина Е. В. Вопросы учёта тепловых потерь в стыках каркасно-панельных деревянных элементов / А. В. Власов, Е. В. Кардаш, Е. В. Грешкина // Лесотехнический журнал. Древопереработка. Химические технологии. – 2015. – №1. С. 178-186.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
**Экономическая оценка**

Таблица А.1 – Локальный сметный расчет ограждающей конструкции из клееного бруса 240x200 мм

№ п п	Обоснование	Наименование	Ед. изм.	Кол.		Сметная стоимость в текущих (прогнозных) ценах, руб.					Т/з осн. раб.	Т/з мех.	
				на ед.	всего	на ед.	общая	В том числе					Мат
								Осн.З/п	Эк.Маш	З/пМе х			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>Раздел 1. Новый раздел</b>													
1	<b>ТЕР10-01-007-03</b> <i>Пр.Минстро я Краснояр.кр. от 12.11.10 №237-О</i>	Рубка стен из брусьев толщиной 180 мм (толщной 240 мм)	100 м2 стен (за вычетом проемов)		0,01 <i>1 / 100</i>							2,96	0,05
		Затраты труда рабочих (ср 3,3)	чел.-ч	296	2,96								
		Затраты труда машинистов	чел.-ч	4,73	0,05								
	1. 021141	Краны на автомобильном ходу при работе на других видах строительства 10 т	маш.час	4,73	0,05								
	2. 400001	Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т	маш.час	0,3									
	3. 101-1704	Войлок строительный	т	0,007	0,00007								
	4. 101-1705	Памя пропитанная	кг	263	2,63								
	5. 101-1742	Толь с крупнозернистой посыпкой	м2	35,4	0,354								

		гидроизоляционны й марки ТГ-350											
	6. 101-1805	Гвозди строительные	т	0,0010 2	0,000010 2								
	7. 102-0033	Бруски обрезные хвойных пород длиной 4-6,5 м, шириной 75-150 мм, толщиной 150 мм и более, III сорта	м3	18,4	0,184								
	8. 102-0052	Доски обрезные хвойных пород длиной 4-6,5 м, шириной 75-150 мм, толщиной 25 мм, II сорта	м3	0,19	0,0019								
	9. 113-1777	Паста антисептическая	т	0,0052 5	0,000052 5								
3	<b>ТСЦ-102- 0033</b>	Бруски обрезные хвойных пород длиной 4-6,5 м, шириной 75-150 мм, толщиной 150 мм и более, III сорта	м3		-0,184								
2	<b>Прайс лист</b>	Клеенный брус 240x200	1 м2		1								
4	<b>ТСЦ-101- 1671</b>	Поковки простые строительные /скобы, закрепы, хомуты и т.п./ массой до 1,6 кг	кг		0,632 2*0,316								
5	<b>Прайс лист</b>	Шпилька винтовая 2 м.п.	шт		2								
Итого прямые затраты по смете							1377,61						
В том числе (справочно):													
фонд оплаты труда (ФОТ)							30,86						

материалы	1340,53						
эксплуатация машин и механизмов	6,92						
<b>Накладные расходы</b>	<b>36,41</b>						
<b>Сметная прибыль</b>	<b>19,44</b>						
<b>ВСЕГО по смете</b>							
Деревянные конструкции	1 433,46						
Итого	1 433,46						
Всего с учетом "Общепромышленный индекс на 2 квартал 2020 СМР=7,47"	10 707,95						
НДС 20%	2 141,59						
<b>ВСЕГО по смете</b>	<b>12 849,54</b>						





	7. 102-0033	Бруски обрезные хвойных пород длиной 4-6,5 м, шириной 75-150 мм, толщиной 150 мм и более, III сорта	м3	15,3	0,153								
	8. 102-0052	Доски обрезные хвойных пород длиной 4-6,5 м, шириной 75-150 мм, толщиной 25 мм, II сорта	м3	0,16	0,0016								
	9. 113-1777	Паста антисептическая	т	0,0050 2	0,000050 2								
7	<b>ТСЦ-101-1671</b>	Поковки простые строительные /скобы, закрепы, хомуты и т.п./ массой до 1,6 кг	кг		0,632 2*0,316								
8	<b>Прайс лист</b>	Шпилька винтовая 2 м.п.	шт		2								
5	<b>ТСЦ-102-0033</b>	Бруски обрезные хвойных пород длиной 4-6,5 м, шириной 75-150 мм, толщиной 150 мм и более, III сорта	м3		-0,153								
2	<b>Прайс лист</b>	Клеенный брус 120x120	1 м2		1								
3	<b>ТЕР10-01-007-02</b> <i>Пр. Минстроя Краснояр.кр. от 12.11.10 №237-О</i>	Рубка стен из брусьев толщиной 150 мм (толщиной 120 мм)	100 м2 стен (за вычетом проемов)		0,01 1 / 100							2,91	0,04
		Затраты труда рабочих (ср 3,3)	чел.-ч	291	2,91								
		Затраты труда машинистов	чел.-ч	3,91	0,04								

	1. 021141	Краны на автомобильном ходу при работе на других видах строительства 10 т	маш.час	3,91	0,04									
	2. 400001	Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т	маш.час	0,3										
	3. 101-1704	Войлок строительный	т	0,007	0,00007									
	4. 101-1705	Память пропитанная	кг	220	2,2									
	5. 101-1742	Толь с крупнозернистой посыпкой гидроизоляционный марки ТГ-350	м2	34,7	0,347									
	6. 101-1805	Гвозди строительные	т	0,0010 2	0,000010 2									
	7. 102-0033	Брусочки обрезные хвойных пород длиной 4-6,5 м, шириной 75-150 мм, толщиной 150 мм и более, III сорта	м3	15,3	0,153									
	8. 102-0052	Доски обрезные хвойных пород длиной 4-6,5 м, шириной 75-150 мм, толщиной 25 мм, II сорта	м3	0,16	0,0016									
	9. 113-1777	Паста антисептическая	т	0,0050 2	0,000050 2									
6	<b>ТСЦ-102-0033</b>	Брусочки обрезные хвойных пород длиной 4-6,5 м, шириной 75-150 мм, толщиной 150 мм и более, III сорта	м3		-0,153									
4	<b>Прайс лист</b>	Клееный брус 120х120	1 м2		1									
9	<b>ТСЦ-101-1671</b>	Поковки простые строительные /скобы, закрепы, хомуты и т.п./ массой до 1,6 кг	кг		0,632 2*0,316									

10	Прайс лист	Шпилька винтовая 2 м.п.	шт		2								
Итого прямые затраты по смете							1224,48						
В том числе (справочно):													
фонд оплаты труда (ФОТ)							60,46						
материалы							1153,58						
эксплуатация машин и механизмов							11,6						
<b>Накладные расходы</b>							<b>71,34</b>						
<b>Сметная прибыль</b>							<b>38,09</b>						
<b>ВСЕГО по смете</b>													
Деревянные конструкции							1 333,91						
Итого							1 333,91						
Всего с учетом "Общепромышленный индекс на 2 квартал 2020 СМР=7,47"							9 964,31						
НДС 20%							1 992,86						
<b>ВСЕГО по смете</b>							<b>11 957,17</b>						

Таблица А.3 – Расчет затрат при использовании ограждающих конструкций

Ограждающая конструкция из клееного бруса 240x200 мм															
Показатель	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Стоимость ограждающей конструкции, руб/м <sup>2</sup>	12 849,54														
Затраты на централизованное отопление в год, руб/м <sup>2</sup>	292,18	303,9	316,0	328,7	341,8	355,5	369,7	384,5	399,9	415,9	432,5	449,8	467,8	486,5	506,0
Уровень инфляции	1,034	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
Суммарные затраты	13141,72	13445,6	13761,6	14090,3	14432,1	14787,6	15157,3	15541,8	15941,6	16357,5	16790,0	17239,8	17707,6	18194,1	18700,0
Ограждающая конструкция из 2-х клееных брусьев 120x100 мм с воздушной прослойкой 20 мм.															
Показатель	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Стоимость ограждающей конструкции, руб/м <sup>2</sup>	11 957,17														
Затраты на централизованное отопление в год, руб/м <sup>2</sup>	252,83	262,9	273,5	284,4	295,8	307,6	319,9	332,7	346,0	359,9	374,3	389,2	404,8	421,0	437,8
Уровень инфляции	1,034	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
Суммарные затраты	12210	12472,9	12746,4	13030,8	13326,6	13634,2	13954,1	14286,8	14632,8	14992,7	15366,9	15756,1	16160,9	16581,9	17019,7



Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерно-строительный институт  
Кафедра проектирования зданий и экспертизы недвижимости

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой



Р.А. Назиров

инициалы, фамилия

« 15 »

июня

2021г.

## МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Развитие малоэтажного деревянного домостроения в г. Красноярск  
тема

08.04.01 «Строительство»

код и наименование направления

08.04.01.04 «Проектирование зданий. Энерго- и ресурсосбережение»

код и наименование магистерской программы

Научный руководитель



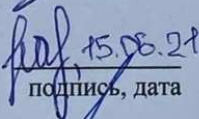
подпись, дата

доцент, к.т.н.

Е.М.Сергуничева

инициалы, фамилия

Выпускник

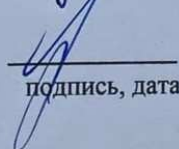


подпись, дата

П.А. Паньков

инициалы, фамилия

Рецензент



подпись, дата

доцент, к.т.н.

Е.Т.Плякунов

инициалы, фамилия

Красноярск 2021