

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БРЕВЕНЧАТОГО ДОМА

бревно/брус, бревенчатые здания,
бревенчатые конструкции
hirret, hirsirakennukset, hirsirakenteet
stock, timmerhus, timmerkonstruktion
logs, log buildings, log construction

В настоящем методическом пособии изложены основы проектирования бревенчатых коттеджей и других бревенчатых зданий круглогодичной эксплуатации, а также их конструктивных элементов, для примысленного изготовления. Некоторые положения распространяются также на бревенчатые здания, предназначенные для сезонной эксплуатации.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ТЕРМИНЫ
2. ВЛАЖНОСТНОЙ БАЛАНС ДРЕВЕСИНЫ
3. ОСОБЕННОСТИ БРЕВЕНЧАТЫХ ЗДАНИЙ
 - 3.1. Усадка
 - 3.2. Проницаемость
 - 3.3. Долговечность и защита бревенчатой стены
 - 3.4. Сращивание бревен/бруса
4. ОСНОВЫ РАСЧЕТА БРЕВЕНЧАТЫХ КОНСТРУКЦИЙ
 - 4.1. Расчет несущей способности
 - 4.2. Энергетическая эффективность
 - 4.2.1. Требования 2008–2010
 - 4.2.2. Требования 2010
 - 4.2.3. Теплоизоляционные характеристики
 - 4.3. Влажностной баланс
 - 4.4. Влагоизоляция
 - 4.5. Огнестойкость
 - 4.6. Звукоизоляция
 - 4.6.1. Бревенчатые стены без изоляции
 - 4.6.2. Бревенчатые стены с внутренней или наружной изоляцией
 - 4.7. Вентиляция здания
5. ХРАНЕНИЕ НА СТРОЙПЛОЩАДКЕ
6. УСЛОВИЯ СБОРКИ КОМПЛЕКТА

1. ТЕРМИНЫ

В деревянном домостроении используются следующие термины в рассматриваемой настоящим пособием области.

Стеновой брус/бревно – цельный строительный материал, изготовленный промышленным способом из дерева строжкой или профилированием, номинальной толщиной не менее 68 мм, предназначенный прежде всего в качестве стенового материала. В бревне/брусе могут быть сделаны припозовка и пикировка для направленного образования трещин.

Брус (КН) показан на рис. 1. В брусе могут быть также выбраны пазы.

Круглое бревно (Ø) показано на рис. 2. В разрезе имеет форму окружности или близкую к ней.

Ламельный (клееный) брус показан на рис. 3. Он склеивается вертикально, горизонтально или крестообразно из двух или более ламелей.

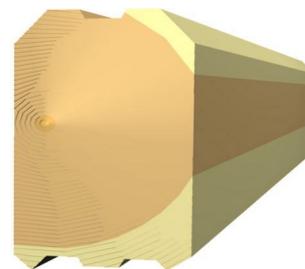


Рис. 1.
Пример профилированного бруса.

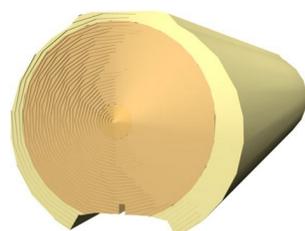


Рис. 2.
Пример профилированного бревна

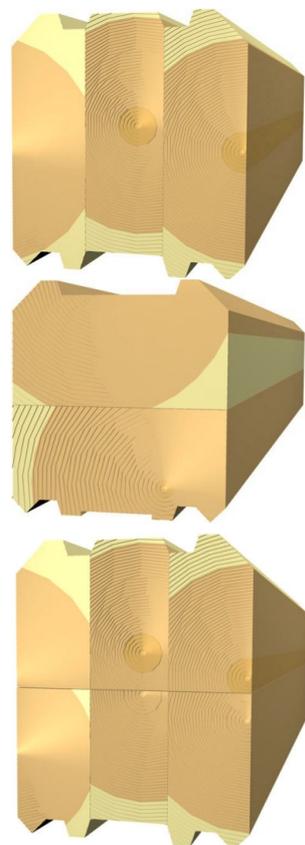


Рис. 3.
Примеры профилированного клееного бруса.

ИСТОРИЯ ДЕРЕВЯННОГО ДОМОСТРОЕНИЯ

Строительство деревянных домов зародилось в зоне произрастания хвойных лесов, т.е там, где для этого имелись естественные предпосылки. Первые рубленые дома относятся к железному веку, хотя в Швейцарии найдены сооружения из горизонтальных бревен, датируемые еще более ранним каменным веком. В Финляндии самым древним сохранившимся до наших дней бревенчатым зданием является, очевидно, часовня Святого Генриха в Кокемяки, возведенная примерно в 1400 году. После Первой мировой войны началось массовое строительство каркасных деревянных домов. Рубленые дома продолжали возводить в сельской местности вплоть до 1940-х годов, затем использование бревен в качестве материала для постоянно эксплуатируемых построек постепенно сошло на нет. Однако в финском дачном строительстве бревно всегда оставалось и остается преобладающим строительным материалом. Сегодня примерно 70% дач возводятся из бревна или бруса. В начале 1950-ых годов по всей Финляндии стало быстро развиваться промышленное производство строительного бревна. Сначала осваивались главным образом технологии производства, но постепенно все большее внимание стало уделяться непосредственно продукции. Бурное развитие промышленное производство комплектов бревенчатых домов получило в 1970-80 годах, когда были решены проблемы, связанные с герметичностью стыков, теплоизоляцией и осадкой сруба. Развитие финских технологий промышленного изготовления бревенчатых домов продолжается и в наши дни. Это непрерывное совершенствование, а также благоприятные для экологии и здоровья свойства древесины, становятся все более весомыми аргументами в пользу бревна и бруса при выборе строительного материала. Почти 90 % из всех нынешних бревенчатых домов в Финляндии изготовлены промышленным способом. Современная компьютеризированная предварительная обработка позволяет, например, предварительно высушить бревно и, как следствие, добиться высокой точности элементов конструкции. Сборка комплекта бревенчатого дома на стройплощадке происходит быстро и дом стоит под крышей уже через несколько дней, защищенный от непогоды. К продукции финского бревенчатого домостроения проявляется большой интерес также за рубежом: в 2009 году финские бревенчатые дома были поставлены более чем в 30 стран. Финляндия является ведущим в мире изготовителем промышленных бревенчатых домов и самое крупное предприятие в мире по производству бревенчатых домов – финское.

Врубка – угловое соединение брёвен.

Угловая врубка – место перекрещивания двух бревен/брусьев (рис. 4).

Врубка с остатком – промежуточная или угловая врубка, при которой концы перекрещивающихся бревен/брусьев выступают за плоскость стены.

Припазовка – вид продольного стыкования двух бревен/брусьев друг на друге.

Уплотнитель – материал, предназначенный в основном для предотвращения проникновения воздуха через стыки бревен.

Нагельная прошивка – предотвращение смещения бревен/бруса внутрь или наружу, выполняемое обычно деревянными или металлическими нагельями.

Растрескивание – естественное возникновение радиальных трещин вследствие непропорционального сокращения линейных размеров древесных волокон при усушке: в тангенциальном направлении усушка примерно в два раза больше, чем в радиальном. Вдобавок высыхание начинается с наружные слоев древесины. Место растрескивания можно предопределить с помощью выполняемых в бревне/брусе пропилов.

Усадка – опускание бревенчатой стены вследствие усушки древесины, нагрузки и уплотнения швов.

Стяжка шпильками – стяжка бревенчатой стены шпильками, проходящими по вертикали сквозь стену на всю ее высоту (рис. 5).

Брус-балка – несущая балка из одного или нескольких брусьев (рис. 6).

Косяк – устанавливаемая в вертикальный паз проема бревенчатой стены коловая доска, к которой крепятся не подверженные усадке элементы, обеспечивающая бревнам/брусу вертикальное смещение и блокирующая горизонтальное (рис. 7 и 8).

Компенсатор – регулируемая опора не подверженных усадке элементов для постепенного уменьшения оставленного зазора в процессе усадки бревенчатых стен.

Усадочная вставка – деревянный диск, вкладываемый поверх столба и удаляемый в процессе усадки.

Сжимы – парные вертикальные деревянные элементы, препятствующие выпучиванию бревенчатых стен, стягиваемые друг к другу болтами сквозь стену.

Нагель – деревянный или металлический штифт, используемый при прошивке бревенчатой стены, или металлическая пластина-шип для сплачивания балок.

Указание площади строения

О каждом строении следует сообщать подсчитанные по стандарту SFS 5139 (PT 12-10277) площадь помещений (huoneistolala, htm²), а также общую этажную площадь (kegrosala, kem²). Площади тех частей здания, которые не включаются в вышеупомянутые площади, можно указать отдельно. Таковыми могут быть, например, площадь ярусов (parven ala), площадь террас (terassin ala), площадь балконов (parvekkeen ala) и площадь цокольного этажа (kellarinala).



Рис. 4.
Угловая врубка.

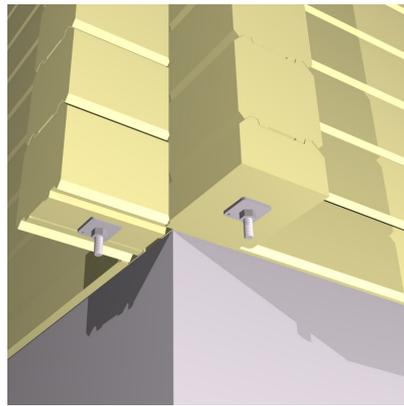


Рис. 5.
Стяжка шпильками.

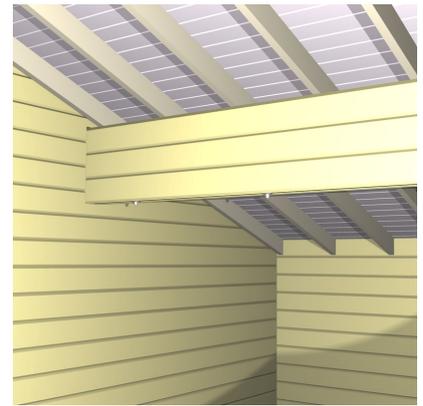


Рис. 6.
Брус-балка.



Рис. 7.
Косяки дверного проема.



Рис. 8.
Окно крепится к косякам.

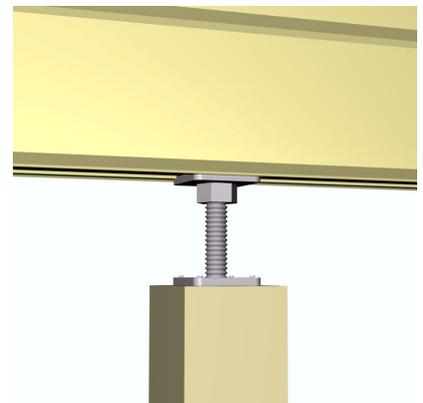


Рис. 9.
Компенсатор.

2. ВЛАЖНОСТНОЙ БАЛАНС ДРЕВЕСИНЫ

Гигроскопичность дерева – это его свойство менять свою влажность в зависимости от влажности (и температуры) воздуха. Однако эти изменения происходят достаточно медленно, поэтому колебания влажности бревенчатой стены, например в течение суток, незначительны (в климатических условиях Финляндии). Исследования показывают, что влажность бревенчатой стены меняется только в поверхностном слое толщиной около 5 см с обеих ее сторон. А влажность внутри стены, после того как ее влажность нормализовалась, с течением лет практически не меняется. В отапливаемых внутренних помещениях влажность бревна/бруса устанавливается примерно на 8 %, а в наружных стенах – примерно на 14 % от сухой массы. Влажность наружных стен может все-таки довольно существенно колебаться из-за влияния солнечных лучей, конструктивных решений защиты и других причин.

При усушке размеры древесины уменьшаются непропорционально – в длину древесные волокна уменьшаются не так сильно, как в других направлениях. При сушке сырой древесины (влажностью примерно 29 %) до абсолютно сухой массы сокращение размеров в тангенциальном направлении составляет примерно 8 %, а в радиальном – примерно 4 % (рис. 10).

Так как сокращение размеров в тангенциальном направлении вдвое больше, чем в радиальном, в древесине возникают внутренние напряжения и, когда они превышают прочность на разрыв, появляются трещины. Размер трещин зависит от влажности и размера бревна/бруса. В крупных бревнах/брусе возникающие при естественной сушке трещины могут быть большими. Согласно исследованиям трещины не оказывают негативного влияния на теплопроводность и прочность. Из-за воздуха, находящегося в трещине, теплопроводность на этом участке бревна/бруса может быть даже несколько ниже, чем на других.

Вслед за изменением относительной влажности воздуха и, как следствие, влажности бревна/бруса меняется и ширина трещин. В отапливаемых помещениях трещины с внутренней стороны шире всего зимой, когда влажность бревна/бруса мала. Летом трещины примерно на треть меньше, чем зимой. Влага, содержащаяся в сердцевине бревна на момент строительства, начинает медленно выходить только с началом отопительного сезона. Вдобавок неизбежные трещины – результат неизбежного растрескивания, вызванного влажностью сердцевины. После высыхания сердцевины бревна/бруса трещины частично уменьшаются.

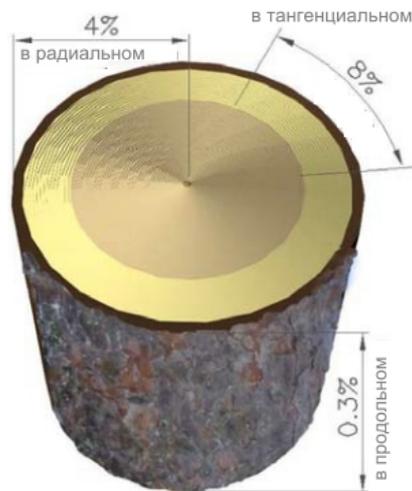


Рис. 10. Усушка древесины в разных направлениях.



Рис. 11. Пример соединения легкой кардасной перегородки с бревенчатой стеной.

3. ОСОБЕННОСТИ ЗДАНИЯ ИЗ БРЕВЕН И БРУСА

3.1. Усадка

При проектировании строения следует учитывать усадку бревенчатых стен вследствие естественной усушки древесины, нагрузки и уплотнения швов. Бревенчатые конструкции дают усадку 10 - 50 мм на метр высоты в зависимости от типа бревна/бруса. Большой частью усадка объясняется усушкой. Чуть больше, чем наружные стены, усадке подвержены внутренние перегородки, т.к. они усыхают до меньшей влажности.

Усадку бревенчатой стены следует учитывать при сопряжении с ней кирпичных и легких каркасных перегородок, лестниц, встраиваемой мебели, колонн и других элементов. В элементах конструкции, не подверженных усадке, необходимо предусмотреть усадочный зазор, а в несущих элементах – компенсатор. Деревянные колонны снабжают компенсатором или усадочными вставками, соответствующими величине расчетной усадки (рис.9).

При проектировании стоит также учесть:

- в многоуровневых чертежах – большую усадку бревен нижнего уровня;
- при перестройке или расширении старых бревенчатых зданий – разную усадку старых и новых стен;
- при выводе дымоходов через крышу и перекрытия – беспрепятственность усадке и соблюдение после усадки расстояний, регламентированных правилами пожарной безопасности.

Легкие каркасные перегородки крепятся к бревенчатым стенам например с помощью батенса с прорезями, позволяющими крепежным винтам опускаться в них (рис.11). Аналогичным образом крепится и решетка под дополнительную изоляцию или обшивку.

Также оконные и дверные проемы снабжают косяками, делающими возможной усадку. Они устанавливаются в вертикальные пазы проемов и вдобавок препятствуют горизонтальному смещению торцов бревен (рис.7 и 8).

В случае коньковой крыши с бревенчатым фронтоном верхняя и нижняя опоры стропильных ног опускаются при усадке на разную величину и, если не предусмотреть скользящие опоры, возникнет перекос и стропильные ноги разорвут верхние венцы наружных стен (рис. 13).

Как правило, жесткость бревенчатой стене обеспечивают нагелями и поперечными стенами. Деревянные или металлические нагели, связывая бревна, препятствуют выпучиванию стен, особенно длинных и по краям проемов. Интервал между нагелями не должен превышать 2000 мм (рис. 14).

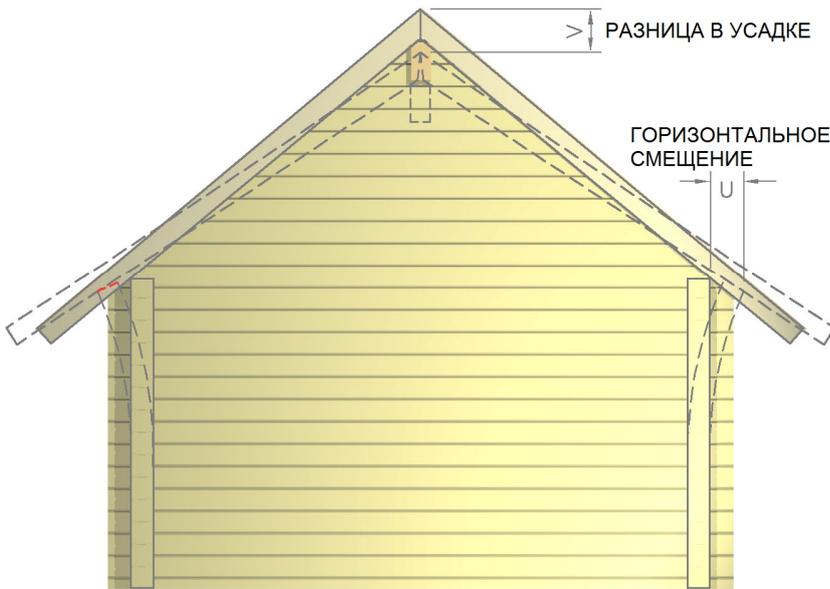


Рис. 13.
Смещение стропильной системы.

Смещение по горизонтали рассчитывается по формуле $U = V * \tan \alpha$, где V – величина опускания фронтона и α – угол ската.

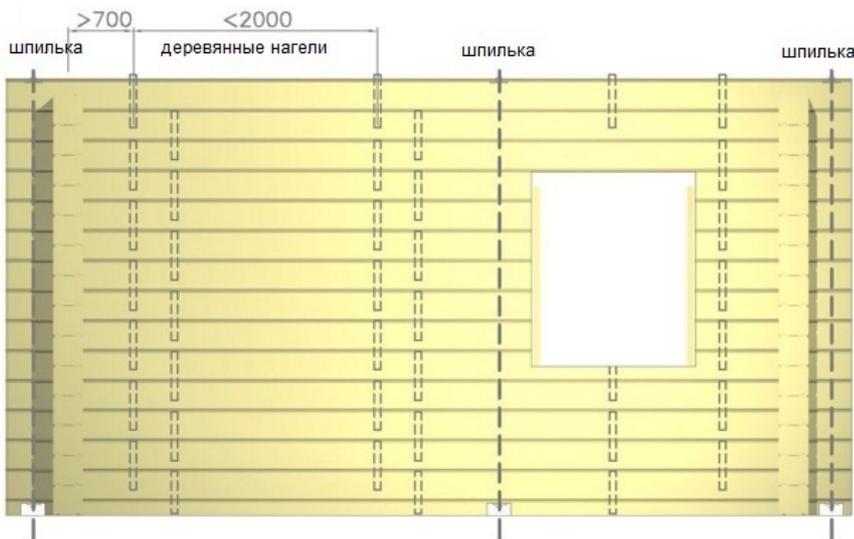


Рис. 14.
Пример прошивки бревенчатой стены.

3.2. Проницаемость

Бревенчатая стена является "дышащей" конструкцией. Это означает, что пары воды из окружающего воздуха могут в результате диффузии легко проникать и поглощаться гигроскопичной древесиной и так же легко выделяться обратно в окружающую среду. Точно так же "дышащая" конструкция способна поглощать другие газы, например углекислый газ. Поэтому "дышащая" конструкция имеет большое значение для поддержания здорового микроклимата и сглаживания колебаний влажности в помещении.

При сильном увеличении влажности в помещении пары воды из воздуха проникают в "дышащую" конструкцию, где превращаются в безвредную гигроскопичную влагу. После того, как вследствие вентиляции влажность в помещении уменьшится, связанная гигроскопичная влага постепенно высвобождается в помещение. Такая проницаемость сглаживает колебания влажности воздуха в помещении и предотвращает пиковые вредные для здоровья ситуации, когда воздух слишком сухой или слишком влажный.

При этом изоляционные свойства "дышащей" конструкции будут не хуже, чем любой другой. Хорошая изоляция оболочки здания предотвращает неконтролируемое просачивание воздуха,

обеспечивая тем самым надлежащий воздухообмен в помещении, и препятствует проникновению водяных паров внутрь конструкций. Требуемая изоляция достигается благодаря форме припазовки промышленно изготавливаемых бревен/бруса и укладываемому между венцами уплотнителю. Наиболее критическими местами бревенчатого дома в части изоляции и потерь тепла являются сопряжения элементов его наружной оболочки и сквозные проводки. Грамотные проектные решения в этой части и надлежащее их исполнение обеспечивают все предпосылки для здорового и приятного проживания как в отношении энергопотребления, так и в отношении уюта.

3.3. Долговечность и защита бревенчатой стены

На долговечность бревна/бруса в наибольшей степени влияет содержание влаги в древесине. Рост грибковой плесени и загнивание происходит при влажности древесины не менее 20 % и температуре + 5 °С. Такой процент влаги древесина набирает, когда относительная влажность воздуха продолжительное время превышает 85 %.

Методы защиты фасада

Мерами по защите бревенчатого фасада стремятся обеспечить долговечность как эстетическим, так и конструкционным свойствам дерева. На эти свойства влияют различные грибковые заболевания (плесень и гниль), влажность и ультрафиолетовое излучение солнца. Различают конструкционную, химическую и поверхностную защиту. Чтобы достичь положительного результата, обычно приходится сочетать все три метода.

Конструкционная защита

Целью конструкционной защиты является снижение до минимума соприкосновения влаги с бревенчатыми поверхностями.

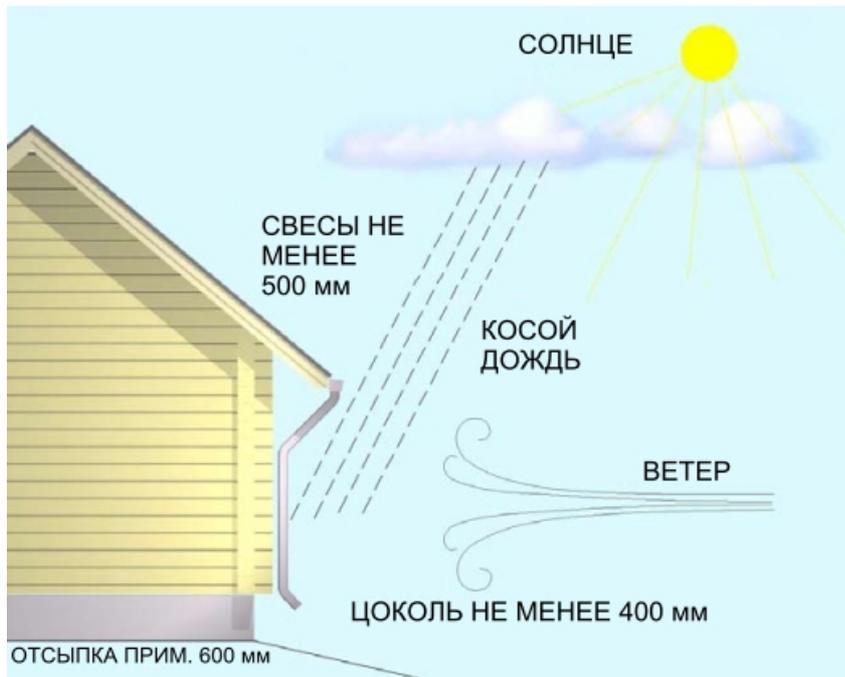
Фасад следует защищать от грунтовой капиллярной влаги, прямого попадания осадков и брызг.

Конструкции также следует проектировать таким образом, чтобы воздух мог свободно циркулировать и высушивать фасад как можно эффективнее.

Достаточно широкие свесы крыши эффективно защищают от прямого попадания осадков, а также от прямых солнечных лучей. Ширина свеса должна быть не менее 500 мм. Все террасы и балконы, в которых используются бревенчатые или деревянные элементы, надо стремиться выполнять крытыми.

Стыки между венцами следует проектировать так, чтобы стекающая по стене вода не скапливалась в швах (применяя т.н. форму капельника). Уплотнитель не должен выступать из шва, так как при намокании уплотнитель может послужить хорошей основой для размножения грибковых спор.

Надлежаще выполненные для отвода воды с крыши водосточные желоба



и водосточные трубы исключают ее попадание на фасад здания при порывах ветра. Нижний конец водосточной трубы следует устроить таким образом, чтобы брызги не попадали на фасад здания, а в нижней части оконных проемов следует сделать металлические отливы с достаточным уклоном.

Надземная часть цоколя должна быть достаточно высокой, не менее 400 мм, чтобы предохранить нижние венцы от загнивания, вызванного талыми водами и растительностью.

И обязательно надо отсечь капиллярную влагу, предусмотрев между нижним венцом и цоколем слой гидроизоляции, например битумную или рубероидную ленту или слой битумной обмазки.

Химическая защита и обработка поверхности

Составы для обработки древесины бывают следующего назначения:

- для химической защиты дерева от поражения грибами (т.е. создания непригодных для них условий);
- для заполнения клеток древесины, делая невозможным тем самым проникновение влаги в древесину;
- для защиты деревянной поверхности от ультрафиолетового излучения;
- для образования на поверхности водоотталкивающей плёнки.

Защитные составы принято делить на краски и пропитки. Краски более вязкие и образуют на поверхности более толстую и хуже пропускающую водяные пары плёнку. Пропитки глубже проникают в древесину и не обязательно образуют защитную плёнку на поверхности.

Защитные составы, применяемые для обработки бревенчатых стен, обычно содержат небольшое количество противогрибковых добавок. Составы могут быть бесцветными, глянцевыми

или кроющими. Кроющие составы по своим качествам лучше, чем глянцевые и бесцветные, т.к. они более эффективно защищают древесину от ультрафиолетового излучения.

Составы впитываются в древесину на несколько миллиметров. Пропитки могут быть как пленкообразующими, так и не образующими пленку. Главное, чтобы создаваемая при обработке бревенчатой поверхности пленка была проницаема для водяных паров (по этой причине не все краски подходят для бревенчатых стен), так как цельная древесина, обладая гигроскопичностью, меняет свою влажность в зависимости от относительной влажности воздуха. Если пленка не проницаема для паров воды, под их давлением пленка отделится от своего основания.

Первый грунтовочный слой рекомендуется нанести как можно быстрее после сборки дома, так как ультрафиолетовое излучение проникает в древесину на глубину примерно 0,1 мм и разрушает в клетках клеящее вещество лигнин. Чем больше лигнина успеет разрушить ультрафиолет, тем хуже будут удерживаться в древесине защитные составы.

Огрунтовка препятствует также росту грибков плесени и синевы.

Обращенная на юг бревенчатая стена может подвергаться в пять раз более интенсивному ультрафиолетовому излучению, чем северная стена. По этой причине южная и западная стены нуждаются в повторной обработке защитными составами в первую очередь.

3.4. Сращивание бревен/бруса

Стеновые бревна и брус сращивают на шип, внахлест или встык с применением стыковой арматуры. В последнем случае нужно стремиться расположить стык в угловой врубке и обеспечить поперечную жесткость стены, на которую пришлась наращенная часть.

4. ОСНОВЫ РАСЧЁТА БРЕВЕНЧАТЫХ КОНСТРУКЦИЙ

4.1. Расчет несущей способности

По нормам В10

Строительные нормы деревянных конструкций изложены в разделе В10 Сборника строительных нормативов Финляндии ("Puurakenteet. Ohjeet 2001"). Круглые бревна относятся к классу прочности Т30. Строганный брус относится к классу прочности Т24, если класс прочности не повышен при сортировке. Качество изготовления клееных и сращенных деревянных материалов для несущих конструкций контролируется органом, аккредитованным Министерством окружающей среды.

Учитываемые при проектировании деревянных конструкций нагрузки по длительности воздействия делятся на классы: "А" – постоянные, "В" – кратковременные и "С" – мгновенные. Рассчитываемая нагрузка для бревенчатых домов обычно соответствует классу "В".

При проектировании конструкций учитывается влажность древесины, которая зависит от относительной влажности окружающего воздуха (RH). Бревенчатые конструкции рассчитываются по классу влажности 2, если конструкция не признана более влажной. В классе длительности воздействия "В" допустимые значения прочности для классов влажности 1 (комнатной сухости) и 2 (наружной сухости) одинаковы.

Прогиб под полной нагрузкой верхнего перекрытия отапливаемого помещения не должен превышать значение $L/200$, а межэтажного и нижнего – значение $L/300$ (где L – пролет). Кроме того, прогиб межэтажного и нижнего перекрытия жилых строений не должен быть более 12 мм. Для консолей допускается в два раза больший прогиб.

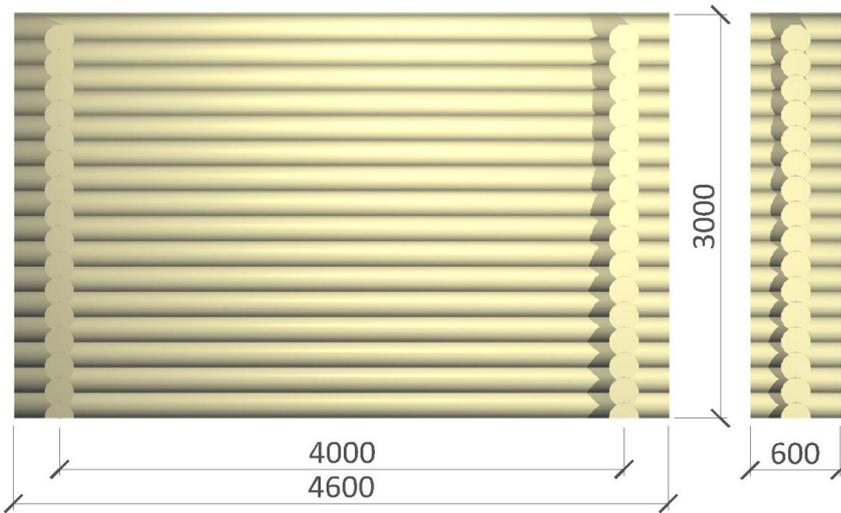
По нормам ЕС5

Нормы Eurocode 5 в части деревянных конструкций изложены в стандарте SFS-EN 1995 1-1. Класс прочности С30 в классификации Eurocode соответствует классу Т30, а С24 – Т24.

Конструкциям определены три эксплуатационных категории: 1-ая, 2-ая и 3-я. Учитываемые при проектировании деревянных конструкций нагрузки по длительности воздействия делятся на 5 классов: постоянные, длительные, средней длительности, кратковременные и мгновенные. По эксплуатационной категории и классу длительности нагрузки по таблице определяются коэффициенты для длительности нагрузки и влажности.

Рекомендуемый расчет несущей способности стены

Следующая рекомендация основывается на проведенных Государственным техническим НИИ Финляндии испытательных нагрузках бревенчатой стены и заключении по результатам испытаний (отчёт № RTE 3718/00).



1. За исходную величину сопротивления сжатию принимается наименьшее из сжимающих напряжений в момент разрушения, т.е. 1,4 МПа. По ней выбираем удельное сопротивление сжатию $f_{c,90,k} = 1,0 \text{ N/mm}^2$.
2. Максимальная высота стены 3 м.
3. Длина врубки должна быть не менее 600 мм, хотя большее значение длины в расчётах не учитывается.
4. Максимальное расстояние между врубками 8 м.
5. При расстоянии между врубками в пределах 4 – 8 м несущая способность стены такая же, как и у стены длиной 4 м.
6. Толщина строганного бруса ≥ 70 мм и толщина круглого бревна ≥ 130 мм.

Приведенный выше расчет можно представить формулами:

Врубка:

$$F_{\text{врубка}} = 600 \text{ mm} \cdot f_{c,90,k} \cdot b_{\text{ef}}$$

где $b_{\text{ef}} = 0,75$ - толщина стены (брус) или 0,5 - толщина стены (бревно).

Стеновое бревно/брус:

$$F_{\text{стеновое бревно}} = f_{c,90,k} \cdot L \cdot b_{\text{ef}},$$

при $L \leq 4000 \text{ mm}$,

или

$$F_{\text{стеновое бревно}} = f_{c,90,k} \cdot 4000 \cdot b_{\text{ef}},$$

при $4000 \text{ mm} < L < 8000 \text{ mm}$.

Стена с врубками:

$$F_{\text{стена}} = 2 \cdot F_{\text{врубка}} + F_{\text{стеновое бревно}}$$

Пример:

Толщина стенового строганного бруса 120 мм, расстояние между врубками 5 м и высота стены 2,8 м. Вместо врубок – поперечные стены.

$$F_{\text{стены}} = 2 \cdot F_{\text{врубка}} + F_{\text{стеновое бревно}} =$$

$$= 2 \cdot 1,0 \cdot 600 \cdot 0,75 \cdot 120 + 1,0 \cdot 4000 \cdot 0,75 \cdot 120$$

$$= 468000 \text{ N} = 468 \text{ kN}$$

Это и есть расчетная предельная нагрузка в условиях испытания.

A. Eurocode 5

При расчете по нормам RIL 205 коэффициент запаса прочности материала равен 1,3 и коэффициент запаса проч-

ности полезной нагрузки равен 1,5. Для собственной массы можно использовать значение коэффициента 1,2. Если нагрузка классифицирована, например, как средней длительности, то в классах влажности 1 и 2 необходимо учесть поправочный коэффициент $k_{\text{mod}} = 0,8$. Исходя из этого получим следующее максимальное значение удельной нагрузки на стену:

$$F_k = (0,8 \cdot 468) : (1,5 \cdot 1,3) = 192 \text{ kN}$$

То же на единицу длины стены:

$$q_k = 192/5 = 38,4 \text{ kN/m}$$

В. Расчет по предельным состояниям

При расчете по предельным состояниям (класс длительности В, класс влажности 1), применив поправочный коэффициент длительности воздействия

$$k = 1,3,$$

получим расчетную нагрузку:

$$F_{\text{стена}} = 468/1,3 = 360 \text{ kN}.$$

Соответственно, $q_k = 360/5 = 72 \text{ kN/m}$

С. Допустимые напряжения

При расчете по допустимым напряжениям допустимая нагрузка на стену:

$$F_{\text{стена}} = 360/(1,3 \cdot 1,6) = 173 \text{ kN}.$$

Соответственно, $q_{\text{доп.}} = 173/5 = 34,6 \text{ kN/m}$.

4.2. Энергетическая эффективность и тепловые потери

4.2.1. Требования 2008–2010

В 2008 году вступили в силу требования энергетической эффективности зданий. Они включены в следующие разделы Сборника строительных нормативов Финляндии:

- С3. "Теплоизоляция зданий. Требования 2007."
- С4. "Теплоизоляция. Правила 2003."
- D2. "Микроклимат и вентиляция зданий. Требования и правила."
- D3. "Энергетическая эффективность зданий. Требования и правила 2007."

- D5. "Расчет энергопотребления и необходимой отопительной мощности зданий. Правила 2007."

Требования распространяются как на здания для постоянного проживания, также и на дачное жилье круглогодичной эксплуатации.

При расчете потерь тепла в здании комплексно рассматриваются оболочка здания, утечка воздуха и вентиляция. Расчетные потери тепла в здании не должны превышать регламентированную требованиями величину. Удовлетворение требованиям подтверждается компенсационным расчетом тепловых потерь.

Компенсационный расчет тепловых потерь

Некоторые составляющие (оболочка, утечка воздуха, вентиляция) могут обуславливать потерю тепла больше, чем регламентированные показатели. Потери по такой составляющей допускается компенсировать за счет достижения в части другой составляющей лучшего значения, чем регламентированное. В таком случае выполняется компенсационный расчет тепловых потерь. Подробный порядок расчета содержится в инструкции Министерства окружающей среды: "Tasaustlaskentaopas 2007. Rakennuksen lämpöhäviön määräysten mukaisuuden osoittaminen". Инструкция содержит пример расчета и для бревенчатого здания.

Требования к теплоизоляции

Как правило, удельная теплопроводность (U) различных элементов жилого здания не должна превышать следующие значения:

наружная стена.....	0,24 W/m ² K
верхнее перекрытие и нижнее продуваемое.....	0,15 W/m ² K
нижнее перекрытие/др. конструкция в грунте.....	0,24 W/m ² K
нижнее проветриваемое перекрытие (отдушины не более 8 %).....	0,19 W/m ² K
окно/наружная дверь.....	1,40 W/m ² K
зенитный фонарь.....	1,50 W/m ² K

Вместе с тем допускается удельная теплопроводность стены, верхнего и нижнего перекрытия 0,6 W/m²K, а окон 1,8 W/m²K, если другие элементы здания имеют соответственно лучшую изоляцию.

При расчете сравнительных потерь тепла здания используется коэффициент утечки воздуха $n_{\text{утечка воздуха}} = 0,16 \text{ l/h}$, что соответствует расходу $n_{50} = 4,0 \text{ l/h}$. Можно использовать меньшее значение, если оно подтверждено измерениями или другим методом.

При расчете сравнительных потерь тепла здания используется среднегодовой КПД рекуперации тепла системы вентиляции 30 %.

4.2.2. Требования 2010

В 2010 года вступили в силу новые требования энергетической эффективности зданий. Они включены в следующие

щие разделы Сборника строительных нормативов Финляндии:

- СЗ. "Теплоизоляция зданий. Требования 2010."
- D2. "Микроклимат и вентиляция зданий. Требования и правила 2010."
- D3. "Энергетическая эффективность зданий. Требования и правила 2010."

Эти требования распространяются на те же здания, что и предыдущие. Определение тепловых потерь здания и соотношение результатов с регламентированными показателями выполняется в том же порядке, что и по требованиям 2008 года.

Требования к теплоизоляции

В новых требованиях введен целевой показатель теплопроводности для бревенчатых стен толщиной 180 мм и более. Как правило, удельная теплопроводность (U) различных элементов жилого здания не должна превышать следующие значения:

наружная стена.....	0,17 W/m ² K
бревенчатая стена (ср. толщина на менее 180мм) ..	0,40 W/m ² K
верхнее перекрытие и нижнее продуваемое.....	0,16 W/m ² K
нижнее перекрытие/др. конструкция в грунте	0,24 W/m ² K
нижнее проветриваемое перекрытие (отдушины не более 8 %)	0,17 W/m ² K
окно/наружная дверь.....	1,00 W/m ² K
зенитный фонарь.....	1,00 W/m ² K

Вместе с тем допускается удельная теплопроводность стены, верхнего и нижнего перекрытия 0,6 W/m²K, а окон 1,8 W/m²K, если другие элементы здания имеют соответственно лучшую изоляцию.

При расчете сравнительных потерь тепла здания используется коэффициент утечки воздуха $n_{\text{утечка воздуха}} = 0,08 \text{ l/h}$, что соответствует расходу $n_{50} = 2,0 \text{ l/h}$. Можно использовать меньшее значение, если оно подтверждено измерениями или другим методом.

При расчете сравнительных потерь тепла здания используется среднегодовой КПД рекуперации тепла системы вентиляции 45 %.

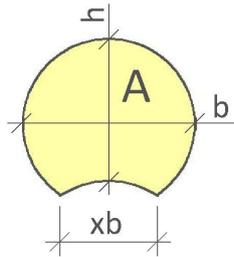
4.2.3. Теплоизоляционные характеристики бревенчатой стены

Чтобы удовлетворить регламентированному значению теплопроводности 0,60 W/m²K, средняя толщина полностью бревенчатой стены должна быть около 180 мм ($\lambda_n = 0,12 \text{ W/mK}$).

Для стен из круглого бревна нужно рассчитать т.н. геометрически эквивалентную толщину, т.е. толщину стены из бруса, соответствующую толщине стены из круглого бревна.

Эквивалентную толщину можно рассчитать по формуле:

Геометрический эквивалент = A/h



h = диаметр – глубина припазовки
 A = площадь сечения круглого бревна
 b = диаметр
 xb = ширина припазовки

Если предположить ширину припазовки равной 0,5b, получим эквивалентную толщину 0,855b. При ширине припазовки 0,6b эквивалентная толщина составит 0,880b.

В таблице 4 сведены нормативные значения удельной теплопроводности для разных типов бревен и бруса, в т.ч. с теплоизоляцией.

4.3. Влажностной баланс бревенчатых стен

Цельная бревенчатая стена

Бревенчатая стена без дополнительной изоляции с точки зрения влажностного баланса является надежным и безопасным решением при наличии надлежащей конструкционной защиты. Влажность бревенчатой стены меняется в зависимости от относительной влажности воздуха. В среднем влажность колеблется в пределах примерно 1 %, правда, у тонких бревен/бруса оно чуть больше. Содержание влаги в древесине наиболее сильно колеблется в слоях на глубине примерно 5 см, как от ее наружной поверхности, так и от поверхности в помещении.

Бревенчатая стена с теплоизоляцией
 Влажностной баланс бревенчатой стены с теплоизоляцией более сложный процесс, чем у цельной стены.

Делать теплоизоляцию с внутренней стороны бревенчатой стены без пароизоляции не рекомендуется. Без паро-

изоляционного слоя можно выполнить теплоизоляцию с внутренней стороны толщиной не более 50 мм. В этом случае с внутренней стороны должен быть предусмотрен отсекающий воздух слой из битумной бумаги или другого аналогичного материала. Если же слой теплоизоляции более 50 мм, необходима достаточно герметичная пароизоляция. В решениях с вентиляционным зазором между бревном/брусом и изоляцией, теплоизоляционные свойства бревна/бруса остаются неиспользованными для теплоизоляции здания.

При обратном расположении слоев (теплоизоляции снаружи) влажностной баланс древесины не имеет проблем, т.к. в этом случае бревно/брус находится в теплой, т.е. более сухой части конструкции. При таком решении следует предусмотреть вентиляционный зазор между слоем теплоизоляции и наружной облицовкой, чтобы возможно скопившаяся в изоляции влага могла высохнуть, а вода, просочившаяся снаружи сквозь облицовку, не попала на теплоизоляцию.

4.4. Влагоизоляция

Требования к влагоизоляции в строительной отрасли содержатся в Сборнике строительных нормативов Финляндии в разделе С2 "Влажность. Требования и правила". Конструкции должны быть выполнены образом, исключающим негативное воздействие проникающих в них дождевой и талой воды, капиллярной влаги грунта и паров воды из помещений. Особое внимание следует обратить на следующие моменты:

- бетон нельзя заливать к дереву без гидроизоляции;
- нижний уровень бревенчатой стены должен быть выше поверхности земли минимум на 400 мм;
- точки подключения водоразборной арматуры не следует размещать на незащищенную бревенчатую стену;
- гидро- и влагоизоляцию следует выполнять с особой тщательностью в соответствии с инструкциями производителей изоляционных составов.

Таблица 4.

Нормативные значения удельной теплопроводности (W/m²K) для неизолированных и с теплоизоляцией с внутренней стороны бревенчатых стен. (бревно/брус $\lambda_n = 0,12 \text{ W/mK}$, минвата $\lambda_D = 0,037$). НН=брус, Ø=круглое бревно

Бревно/брус, мм	Изоляция, мм					
	0	50	75	100	125	150
НН70	1,33	0,48	0,39	0,31	0,26	0,23
НН95	1,04	0,43	0,36	0,29	0,25	0,22
НН110	0,92	0,41	0,35	0,28	0,24	0,21
НН120	0,85	0,4	0,34	0,27	0,23	0,2
НН135	0,77	0,38	0,32	0,26	0,22	0,19
НН180	0,6	0,34	0,27	0,23	0,2	0,18
НН205	0,53	0,31	0,26	0,22	0,19	0,17
НН270	0,41	0,27	0,24	0,2	0,18	0,16
Ø130	0,89	0,4	0,32	0,26	0,22	0,19
Ø150	0,79	0,38	0,3	0,25	0,22	0,19
Ø170	0,72	0,36	0,29	0,24	0,21	0,18
Ø190	0,64	0,34	0,28	0,23	0,2	0,18
Ø210	0,58	0,33	0,27	0,23	0,2	0,17
Ø230	0,53	0,31	0,26	0,22	0,19	0,17

4.5. Огнестойкость бревенчатых конструкций

Требования к пожарной безопасности в строительстве содержатся в Сборнике строительных нормативов Финляндии в разделе E1 "Пожарная безопасность зданий". Требования и правила 2002". Материалы классифицируются по их влиянию на возгорание, распространение огня и дымообразование. Бревно/брус относятся к классу D-s2,d0. Литера "D" означает, что участие материала в горении приемлемо, обозначение "s2" – что дымообразование незначительно и "d0" – что горящих брызг или частиц не образуется.

Требования к конструкционным элементам обозначаются следующими знаками:

R – несущая способность

E – непроницаемость

I – изоляционная способность

В таблице 5 представлены пределы огнестойкости бревенчатых стен разной толщины, в т.ч. в качестве разделительной перегородки (EI). Определение несущей способности выполнено в Государственном техническом НИИ (VTT) по стандарту SFS-EN 1365-1:1999.

Кроме этого предполагается следующее.

Стены из клееного бруса

- Имеют венцовый паз и соответствующий шпунт высотой не менее 10 мм в классах огнестойкости R30 и EI30 и 12 мм – в классах R120 и EI90. Промежуточные значения определяются интерполяцией.
- В качестве уплотнителя между венцами в классах огнестойкости R30 и EI30 имеют полипропиленовую или стекловатную ленту, а в более высоких классах – стекловатную ленту толщиной минимум на 2 мм больше, чем высота шпунта. Поперечные перегородки должны быть уплотнены стекловатной лентой представленным в отчетах RTE699/05 и RTE3924 способом. В качестве уплотнителя могут быть использованы другие материалы, аналогичные по своей огнестойкости вышеупомянутым.
- Расстояние между деревянными нагелями (шкантами) не должно превышать 1600 мм.

Стены из круглого бревна

- Тип межвенцового стыка соответствует представленному в отчете RTE863/05 и его ширина не превышает 3 мм.
- В качестве уплотнителя между венцами должна быть использована такая же полипропиленовая лента, как в отчете RTE863/05, а ее толщина должна быть на пару миллиметров больше просвета шва. Поперечные стены должны быть уплотнены представленным в том же отчете способом. В качестве уплотнителя могут быть использованы другие материалы, аналогичные по своей огнестойкости вышеупомянутым.

Таблица 4.

Огнестойкость стен из клееного бруса, круглого бревна и бруса с теплоизоляцией разной несущей способности R и в качестве разделительной перегородки EI для стен разной толщины при усредненной нагрузке на стену не более 9,4 кН/м. В таблице приведены также минимальный размер ширины шва.

Тип бревна/бруса	Класс огнестойкости			
	R30	R60	R90	R120
Клееный брус				
ширина x высота [мм ²]	92 x 170	138 x h ¹⁾	180 x h ¹⁾	-
ширина шва [мм]	70	116	156	-
	EI30	EI60	EI90	EI120
ширина x высота [мм ²]	92 x 170	148 x h1)	199 x h1)	-
ширина шва [мм]	70	126	175	-
¹⁾ h = 170 mm - 195 mm				
Круглое бревно	R30	R60	R90	R120
диаметр [мм]	150	236	-	-
ширина шва [мм]	81	127	-	-
	EI30	EI60	EI90	EI120
диаметр [мм]	150	236	-	-
ширина шва [мм]	81	127	-	-
Брус + изоляция + обшивка доской "под брус"	R30	R60	R90	R120
ширина x высота [мм ²]	b x 170 ^{2), 3)}	128 x 170 ³⁾	-	-
ширина шва [мм]	b-22	106	-	-
	EI30	EI60	EI90	EI120
ширина x высота [мм ²]	b x 170 ^{2), 3)}	128 x 170 ³⁾	-	-
ширина шва [мм]	b-22	106	-	-

²⁾ ширина b согласно расчетам для нормальной температуры

³⁾ со стороны огня стены из бруса еще изоляция + обшивка доской "под брус" согласно отчету испытания RTE 4234/04; нагрузка по оси бруса.

- Расстояние между деревянными нагелями (шкантами) не должно превышать 1200 мм

Стены из бруса с теплоизоляцией

- Имеют венцовый паз и соответствующий шпунт высотой не менее 10 мм.
- В качестве уплотнителя между венцами имеют полипропиленовую или стекловатную ленту толщиной минимум на 2 мм больше, чем высота шпунта. Поперечные перегородки должны быть уплотнены стекловатной лентой представленным в отчете RTE4234/04 способом. В качестве уплотнителя могут быть использованы другие материалы, аналогичные по своей огнестойкости вышеупомянутым.
- Расстояние между деревянными нагелями (шкантами) не должно превышать 1600 мм.

4.6. Звукоизоляционные характеристики бревенчатой стены

Показатель изоляции воздушного звука R_w строительного элемента указывается в сравнении с уровнем шума автомобильного движения $R_w + C_{tr}$ или с уровнем шума ж/д или воздушного движения $R_w + C$. В генплане застройки поселения звукоизоляция оболочки здания регламентируется разностью между преобладающим уровнем шума у наружной оболочки и допустимым уровнем шума внутри здания. Требуемые от строительных элементов значения изоляции воздушного звука по указываемой в генплане разнице уровней шума можно получить, к примеру, с помощью метода, представленного в Руководстве № 108 Министерства окружающей среды. Звукоизоляционные

характеристики бревенчатой стены зависят от массы стены, плотности припазовки, жесткости стены и др. факторов. Показатели изоляции воздушного звука тонких бревенчатых конструкций против уровня шума автомобильного движения достаточно низкие. Регламентированные в генпланах разности в уровне шума как правило варьируются в пределах от 28 до 40 dB. В бревенчатых зданиях, используя обычные окна и брус типов LH180, LH205, можно предположительно добиться разности 28 - 30 dB. Требуемого показателя можно достигнуть также за счет дополнительной изоляции бревенчатой стены. Звукоизоляция стен других типов вероятно будет недостаточной.

4.6.1. Бревенчатые стены без изоляции

С точки зрения акустики неизолированная бревенчатая стена представляет собой простую однослойную конструкцию, показатель изоляции воздушного звука которой определяется прежде

Таблица 6.

Расчетные значения изоляции воздушного звука (dB) неизолированных стеновых конструкций. НН=брус, Ø=круглое бревно

Бревно/брус	Rw	Rw + C	Rw + Ctr
НН95	33	31	28
НН110	34	32	29
НН120	35	34	31
НН135	36	34	32
НН180	39	37	36
НН205	40	38	37
НН270	40	39	39
Ø150	30	29	26
Ø170	31	29	26
Ø190	32	31	27
Ø210	33	32	29
Ø230	37	35	33

всего ее массой $[kg/m^2]$ и граничной частотой волнового совпадения, которая зависит массы и жесткости конструкции.

4.6.2. Бревенчатые стены с внутренней или наружной изоляцией

С акустической точки зрения это конструкция из двух слоев, соединенных через решетку. Мягкий пористый теплоизоляционный материал, заложенный в решетку, положительно влияет на достижение требуемого показателя изоляции воздушного звука. Без этого величина изоляции воздушного звука была бы примерно на 3-5 дБ ниже. Вместе с тем между минеральной или целлюлозной ватой для звукоизоляционных характеристик нет разницы.

4.7. Вентиляция здания

Требования к вентиляции содержатся в Сборнике строительных нормативов Финляндии в разделе D2 "Микроклимат и вентиляция зданий. Требования и правила 1987".

Во всех помещениях, где находятся люди, в обычных погодных условиях следует обеспечить удовлетворительный для надлежащей эксплуатации конкретного помещения микроклимат. Чистота, температура и влажность воздуха должны быть управляемыми. Не должно быть излишних сквозняков и шума.

Вентиляция должна быть достаточной во избежание влажностных повреждений конструкций из-за конденсации влаги. Наружный воздух можно направлять в помещение в том числе через оболочку здания или по воздуховодам.

Требованиями к теплоизоляции зданий круглогодичной эксплуатации предусматривается использование принудительной вентиляции с рекуперацией тепла (LTO).

5. ХРАНЕНИЕ НА СТРОЙПЛОЩАДКЕ

Деревянные материалы в большинстве случаев можно складировать под открытым небом при условии их защиты от солнца, осадков и сырости грунта. Материалы складываются на высоте не менее 30 см от поверхности земли, чтобы не допустить их увлажнения от земли или растительности. Для обеспечения достаточной устойчивости и предотвращения деформаций при хранении слегка расстояние между должно быть не более 1,5 м. Нельзя допускать образования луж под деревянными материалами. Следует запастись достаточным количеством тентов, так как транспортная упаковка не рассчитана на длительные атмосферные воздействия. Деревянные материалы следует надежно укрывать от дождя, снега, грязи и прямых солнечных лучей. Прозрачная пленка не годится в качестве тента, потому что она не защищает дерево от воздействия солнца.

Таблица 7.

Расчетные значения изоляции воздушного звука (дБ) стеновых конструкций с теплоизоляцией с внутренней стороны (брус/бревно + обшивка брусом в разрядку 600 мм с минеральной или целлюлозной ватой + однослойная гипсовая плита ЕК 13 мм).

НН=брус, Ø=круглое бревно

Брус/ бревно [mm]	Rw					Rw +C					Rw +Ctr				
	45	95	120	145	195	45	95	120	145	195	45	95	120	145	195
НН95	45	47	48	49	49	41	45	46	47	48	36	41	42	43	45
НН112	46	48	49	49	50	42	46	47	48	49	36	41	43	43	46
НН120	47	49	50	50	50	43	47	48	49	50	38	43	44	45	47
НН135	47	49	50	51	51	44	48	49	50	50	40	44	46	47	48
НН180	50	53	-	-	-	48	52	-	-	-	43	48	-	-	-
НН205	51	53	-	-	-	50	53	-	-	-	45	50	-	-	-
НН270	53	-	-	-	-	52	-	-	-	-	49	-	-	-	-
Ø150	44	-	-	-	-	40	-	-	-	-	36	-	-	-	-
Ø170	44	-	-	-	-	40	-	-	-	-	35	-	-	-	-
Ø190	45	-	-	-	-	41	-	-	-	-	36	-	-	-	-
Ø210	45	-	-	-	-	41	-	-	-	-	36	-	-	-	-
Ø230	48	-	-	-	-	45	-	-	-	-	40	-	-	-	-

Таблица 8.

Расчетные значения изоляции воздушного звука (дБ) стеновых конструкций с теплоизоляцией с внутренней стороны (брус/бревно + обшивка брусом в разрядку 600 мм с минеральной или целлюлозной ватой + двухслойная гипсовая плита ЕК 13 мм).

НН=брус, Ø=круглое бревно

Брус/ бревно [mm]	Rw					Rw +C					Rw +Ctr				
	45	95	120	145	195	45	95	120	145	195	45	95	120	145	195
НН95	49	51	52	52	53	45	50	51	51	51	40	46	47	48	49
НН112	50	52	53	53	53	46	51	51	52	52	41	46	48	49	50
НН120	50	53	53	53	54	48	52	52	52	53	43	48	49	50	50
НН135	50	53	54	54	54	49	52	53	53	53	44	49	50	51	51
НН180	54	56	-	-	-	52	55	-	-	-	48	52	-	-	-
НН205	55	56	-	-	-	54	55	-	-	-	50	54	-	-	-
НН270	56	-	-	-	-	56	-	-	-	-	54	-	-	-	-
Ø150	48	-	-	-	-	45	-	-	-	-	41	-	-	-	-
Ø170	48	-	-	-	-	45	-	-	-	-	41	-	-	-	-
Ø190	49	-	-	-	-	46	-	-	-	-	41	-	-	-	-
Ø210	49	-	-	-	-	45	-	-	-	-	40	-	-	-	-
Ø230	52	-	-	-	-	50	-	-	-	-	45	-	-	-	-

Таблица 9.

Расчетные значения изоляции воздушного звука (дБ) стеновых конструкций с теплоизоляцией с наружной стороны (брус/бревно + обшивка брусом в разрядку 600 мм с минеральной или целлюлозной ватой + ветрозащитная гипсовая плита 9 мм).

НН=брус, Ø=круглое бревно

Брус/ бревно [mm]	Rw					Rw +C					Rw +Ctr				
	45	95	120	145	195	45	95	120	145	195	45	95	120	145	195
НН95	43	46	48	48	49	40	43	44	46	47	35	37	39	41	43
НН112	44	47	48	49	50	41	43	45	46	48	36	38	40	42	44
НН120	44	48	49	50	51	42	45	47	48	49	37	40	42	43	45
НН135	45	48	49	50	51	43	46	48	49	50	38	41	43	45	47
НН180	50	52	-	-	-	47	50	-	-	-	42	46	-	-	-
НН205	51	53	-	-	-	49	52	-	-	-	45	48	-	-	-
НН270	53	-	-	-	-	52	-	-	-	-	48	-	-	-	-
Ø150	42	-	-	-	-	38	-	-	-	-	33	-	-	-	-
Ø170	42	-	-	-	-	38	-	-	-	-	34	-	-	-	-
Ø190	42	-	-	-	-	39	-	-	-	-	34	-	-	-	-
Ø210	43	-	-	-	-	40	-	-	-	-	35	-	-	-	-
Ø230	46	-	-	-	-	42	-	-	-	-	39	-	-	-	-

Таблица 10.

Расчетные значения изоляции воздушного звука (дБ) стеновых конструкций с теплоизоляцией с наружной стороны (брус/бревно + обшивка брусом в разрядку 600 мм с минеральной или целлюлозной ватой + ветрозащитная плита ДВП 12 мм).

НН=брус, Ø=круглое бревно

Брус/ бревно [mm]	Rw					Rw +C					Rw +Ctr				
	45	95	120	145	195	45	95	120	145	195	45	95	120	145	195
НН95	39	42	43	44	45	37	38	39	40	42	32	33	34	35	36
НН112	40	43	43	44	46	38	39	40	40	43	33	34	34	35	37
НН120	41	43	44	45	47	39	41	41	42	44	34	35	36	37	39
НН135	42	44	45	46	47	40	42	43	44	46	36	37	38	38	40
НН180	46	49	-	-	-	44	46	-	-	-	39	41	-	-	-
НН205	48	50	-	-	-	46	48	-	-	-	41	43	-	-	-
НН270	52	-	-	-	-	50	-	-	-	-	45	-	-	-	-
Ø150	37	-	-	-	-	35	-	-	-	-	30	-	-	-	-
Ø170	38	-	-	-	-	35	-	-	-	-	31	-	-	-	-
Ø190	38	-	-	-	-	36	-	-	-	-	31	-	-	-	-
Ø210	39	-	-	-	-	37	-	-	-	-	32	-	-	-	-
Ø230	43	-	-	-	-	41	-	-	-	-	36	-	-	-	-

Закрывать деревянные материалы следует оставляя воздушный зазор. Тент должен защищать также торцы досок, бруса и бревен, но вместе с тем он не должен доставать до земли. Деревянные материалы следует укладывать в стопы на прокладки для обеспечения циркуляции воздуха и удаления лишней влаги.

6. УСЛОВИЯ СБОРКИ СРУБА

Нельзя допускать намокания уплотнителя в ходе сборки комплекта, так как намокший уплотнитель создает условия для грибковой плесени. Выступающие куски уплотнителя срезают в течение рабочего дня во избежание намокания.

Возводимые конструкции по возможности закрывают во время сборки от длительных дождей. При этом, а также в сырую погоду, необходимо обеспечить достаточную циркуляцию воздуха под тентом.

Помимо этого необходимо обеспечить вентиляцию сруба после возведения, так как конденсирующаяся влага из сохнувших элементов может например привести к появлению синевы. И безусловно следует соблюдать инструкции изготовителя по сборке комплекта.

ПУБЛИКАЦИИ «НТТ»

«Hirsitaloteollisuus НТТ ry» во взаимодействии с официальными органами выпустило следующие отраслевые издания справочного характера.

Условия поставки бревенчатых домов. НТТ 3/2010.

Основы проектирования бревенчатого дома. НТТ 3/2010.

Требования к качеству бревенчатых домов. НТТ 3/2010.

Также издано две книги:

Проектирование бревенчатых домов. Rakentajain tietokirjat 3/2001.

Строительство бревенчатого дома. Rakentajain Tietokirjat 5/2001.