ХИРСИТАЛОТЕОЛЛИСУУС ХТТ
Хирситалотеоллисуус ХТТ РЮ, Атомитие 5 С, 00370 Хельсинки, тел. (09) 5031801, факс (09) 5031810

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БРЕВЕНЧАТОГО ДОМА

ХИРСИТАЛОТЕОЛЛИСУУС ХТТ РЮ 3/2001

брёвна, бревенчатые постройки, бревенчатые конструкции

В этом методическом пособии представлены основы проектирования бревенчатых коттеджей, иных бревенчатых построек, выполненных промышленным способом и предназначенных для круглогодичного проживания, а также их конструктивных элементов.
Данных рекомендаций можно также придерживаться при постройке бревенчатых домов, предназначенных для сезонного проживания.

СОДЕРЖАНИЕ

1 ПОНЯТИЯ
2 СВОЙСТВА ДЕРЕВА В УСЛОВИЯХ ВЛАЖНОСТИ
3 ОСОБЫЕ СВОЙСТВА БРЕВЕНЧАТОЙ КОНСТРУКЦИИ
3.1 Усадка
3.2 Уплотнение
3.3 Сохранность и защита бревенчатой стены
3.4 Наращивание брёвен
4 ОСНОВЫ РАСЧЁТА БРЕВЕНЧАТЫХ КОНСТРУКЦИЙ
4.1 Расчётная нагрузка
4.2 Теплоизоляция
4.3 Меры по влагозащите бревенчатых стен
4.4 Влагоизоляция
4.5 Биоогнестойкость бревенчатых конструкций
4.6 Звукоизоляция бревенчатой стены
4.7 Воздухообмен конструкции
5 ХРАНЕНИЕ НА СТРОЙПЛОЩАДКЕ
6 УСЛОВИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ БРЕВЕНЧАТОГО КАРКАСА

1 ПОНЯТИЯ

Приведённые ниже положения касаются бревенчатых строений, рассматриваемых в области применения данного пособия.

Бревно – это строительный материал, изготовленный из массива дерева промышленным способом, обтёсанный или выточенный, с минимальной толщиной 70 мм, используемый, прежде всего, в качестве стенового материала. В бревне могут быть отведения и трещины.

Строганный брус (НН) показан на рис.1. В брусе могут быть также выполнены специальные выборки для наиболее плотного прилегания венцов.

Круглое бревно (Ш) показано на рис.2. Это обработанная по профилю окружность или приближенная к ней форма.

Ламинированное (клееное) бревно (рис. 3)- склеенный из двух или более частей горизонтально клееный или вертикально клееный брус.

Рисунок 1.
Пример поперечного сечения строганного бруса.

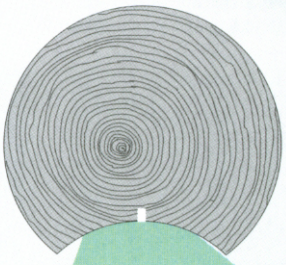


Рисунок 2.
Пример поперечного сечения круглого бревна.

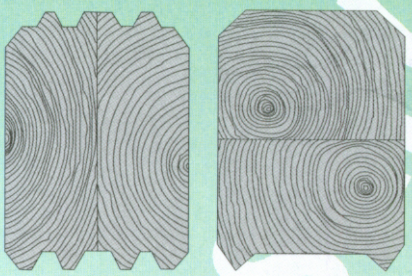


Рисунок 3. Пример поперечного сечения вертикально - и горизонтально клееного бруса.

ИСТОРИЯ БРЕВЕНЧАТЫХ ПОСТРОЕК

Строительство деревянных домов развивалось в зоне произрастания хвойных лесов, то есть, там, где для этого были созданы естественные предпосылки. Первые бревенчатые дома с выполненными угловыми замками относятся к эпохе железа; в Швейцарии были найдены примитивные сооружения из бревна, построенные в более раннем каменном веке. Самым древним, сохранившимся до наших дней, бревенчатым зданием в Финляндии является, очевидно, часовня Святого Генриха в месте под названием Кокемяки. По имеющимся сведениям оно было построено примерно в 1400 году. Каркасные бревенчатые дома начали быстро строиться после Первой мировой войны. Дерево сохраняло своё назначение в строительстве в сельских областях вплоть до 1940 года, до тех пор, пока применение бревна для постоянно используемых построек почти не прекратилось. В финских домах дачного типа бревно являлось во все времена господствующим материалом, оно сохраняет своё традиционное назначение и в наши дни (примерно 70 % новых построенных дач выполнено из бревна).
В начале 1950-ых годов быстро возросло промышленное производство бревна по всей Финляндии. В начале работа по развитию сосредоточилась главным образом на процессе производства. Затем постепенно всё большее внимание начали обращать непосредственно на саму продукцию. Особенно активно производство бревенчатого дома ставилось на промышленную основу в 1970-ых и в 1980-ых годах, тогда, когда нашли решения уплотнения, теплоизоляции, и проблем, для снятия внутренних напряжений, возникающих при сушке древесины. Поиск более совершенных технологий по производству финских бревенчатых домов в промышленных условиях продолжается и в наши дни, и теперь в 1990–ых годах использование бревна для малых форм строительства в Финляндии сохраняет своё лидирующее положение.
Доля построенных в наши дни финских деревянных домов, выполненных промышленным способом, составляет примерно 70 %. Современная предварительная обработка, применяемая с использованием автоматики, даёт возможность, например, предварительной сушки бревна и, что особенно важно, выдерживает точные размеры бревенчатой конструкции. Возведение бревенчатого каркаса на стройплощадке занимает обычно несколько дней, таким образом, готовность дома «под крышу» происходит особенно быстро, без того, чтобы дом был «открыт всем ветрам».
Продукция финского бревенчатого домостроения вызывает сильный интерес также за рубежом: бревенчатых домов в 2000 году было поставлено на экспорт более чем в 30 стран. Финляндия является ведущем в мире изготовителем промышленных бревенчатых домов, и самое крупное предприятие в мире по производству бревенчатых домов – финское.

Врубка - это угловое соединение брёвен.
Под замковым соединением имеют в виду соединение двух бревен крест-накрест. Под продольным угловым соединением обозначают соединение стены, при которых концы противоположных бревен выходят за пределы угла.
Заготовка - промежуточная форма стыка брёвен, накладываемых друг на друга.
Утеплитель- это материал, предназначенный, главным образом, для предотвращения проникновения воздуха через швы в брёвнах.
Соединение в шип – это такое конструктивное решение, когда два или несколько бревен соединяются в одно целое деревянными или металлическими шипами для препятствования движению отдельных бревен стены в вертикальной плоскости.
Трещинообразование является следствием естественного строения древесины; трещины возникают по окружности бревна в процессе усадочной сушки. Трещины возникают в радиальном направлении еще и потому, что сушка дерева начинается с поверхности бревна. Эти трещины устраняются методом «пикировки», когда по всей длине бревна делается пропил.
Осадка – это явление, возникающее вследствие естественной усадки древесины, нагрузки и уплотнения швов при опускании стены.
Под сквозным соединением в шип подразумевается сквозное соединение стены посредством сжатия ее металлическим стержнем. (рис.5)
Бревенчатая балка – это несущая балка, состоящая из одного или нескольких бревен (рис.6).
Деревянный нагель – вертикальный шип, препятствующий боковому смещению и допускающий осадку располагающихся в промежутках сделанных косяков проёмов бревенчатой стены; к деревянному нагелю крепятся конструктивные части, не дающие осадки (рис.7 и 8)
«Винтовая нога» - это конструктивный элемент бревенчатой конструкции, который, в отличие от стен, не дает осадку. Для обеспечения устойчивости конструкции в ее элементах оставляют запас на осадку при помощи «винтовой ноги», которой можно регулировать процесс плавной осадки дома (рис.9).
Деревянный диск -конструктивный элемент, предусматривающий запас на осадку, устраняющий напряжение в конструкции, вызванное осадкой, устанавливается на концах деревянных балок.
Деревянные стойки – это вертикально направленные деревянные элементы, препятствующие движению с внутренней стороны бревенчатых стен, которые крепят болтами друг к другу насквозь.
Дюбель/нагель – деревянный или металлический штифт, используемый при сплачивании бревенчатой стены; или металлическая дюбельная планка, используемая при соединении балок в одно целое.

Площадь постройки
О каждом строении нужно сообщить в соответствие со стандартом SFS 5139 (RT 12-10277) подсчитанную жилую площадь, а также общую этажную площадь. Те площади частей здания, которые не относятся ни к одной из двух видов поверхностей, можно выделить отдельно. Таковыми могут быть ,например, ярусы (площадь яруса), террасы (площадь террасы), балконы (площадь балкона) и цокольные помещения (площадь цоколя).

Рис.4 Угловое соединение.

Рис.5 Сквозное соединение в шип.

Рис.6 Бревенчатая балка.

Рис.7 Деревянный гребень в дверном проёме.

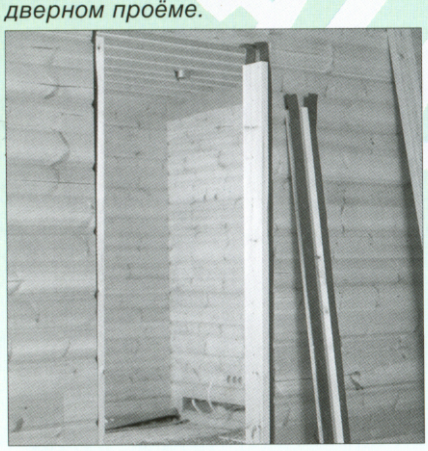


Рис.8 Крепление окна к деревянному гребню.

Рис.9 "Винтовая нога".

2. СВОЙСТВА ДЕРЕВА В УСЛОВИЯХ ВЛАЖНОСТИ

Гигроскопичность дерева – это его способность изменять некоторые свои характеристики в зависимости от температуры и влажности воздуха. Дерево реагирует на изменение относительной влажности воздуха медленно, поэтому в течение суток колебания влажности бревенчатой стены незначительны (в климатических условиях Финляндии). В соответствии с исследованиями колебания влажности бревна происходят примерно на 5 см толщину бревенчатой стены по обеим сторонам поверхностного слоя. Таким образом, влажность внутренней части толщины стены остаётся практически неизменяемой из года в год после достижения баланса влажности. В отапливаемых внутренних помещениях влажность бревна устанавливается примерно на 8% от влажности при сушке и в наружных стенах примерно на 14% от влажности при сушке. Колебания влажности наружных стен могут быть всё-таки больше вследствие влияния солнечного излучения и конструктивной защиты древесины.

Усадка древесины не одинакова в радиальном и тангенциальном направлениях.
Продольно-направленное сжатие будет незначительным по величине по сравнению со сжатием в других направлениях. При усадке древесины от влажности (влажность примерно 29 %)усушка при усадке в направлении окружности составляет примерно 8 % и в радиальном направлении примерно 4 % в соответствие с рис.10.
Усадка в направлении окружности будет в два раз больше, чем в радиальном направлении, таким образом, возникают внутренние напряжения при сушке древесины. Когда возникающие при сушке древесины внутренние напряжения превышают прочность на разрыв. То появляются трещины. На величину трещин оказывают влияние такие показатели как влажность и размер бревна. В большом по величине бревне возникшие при естественной усадке трещины могут быть большими. В соответствие с проведёнными исследованиями трещины не оказывают какого-то решающего влияния на показатели теплопроводности и прочности. В месте появившихся трещин в зависимости от движения воздухопотока в местах трещинообразования теплопроводность показатель теплопроводности может быть даже несколько ниже, чем на других участках бревна.

В соответствие с изменением относительной влажности воздуха ширина трещин также изменяется в зависимости от влажности бревна. В отапливаемых постройках могут быть

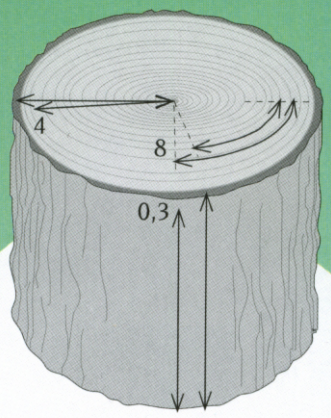


Рис.10.Усадка древесины в различных направлениях.

бульшими зимой, когда влажность незначительна. Летом трещин примерно на треть меньше по сравнению с зимним периодом. Влажность в сердцевине бревна во время производства строительных работ медленно снижается только после периода начала отопления. Вдобавок трещины могут быть большие вследствие неизбежных трещин вызванных влажностью сердцевины бревна. После просушивания сердцевины бревна трещины частично уменьшаются.

3 СПЕЦИФИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БРЕВЕНЧАТОЙ КОНСТРУКЦИИ

3.1 Усадка

· Из-за естественной усушки дерева происходящей вследствие нагрузки и уплотнения швов бревенчатой стены возникающую осадку учитывают при проектировании бревенчатой конструкции. Осадку бревенчатых конструкций в зависимости от типа бревна рассчитывают примерно на 10-50 мм от высоты стены, бульшая часть которой возникает при усушке. Расположенные внутри дома перегородки из-за меньшего процента содержания влажности осаживаются чуть больше, чем наружные стены. В том числе при сопряжении балок, мебели, лестниц, лёгких конструктивных перегородок, кирпичных стен с бревенчатой конструкцией нужно учитывать осадку бревенчатой конструкции.

Безусадочные конструктивные элементы необходимо оборудовать запасом на осадку и несущие конструкции «винтовой ногой».Деревянные колонны устраивают при помощи «винтовой ноги» или припуском на осадку в соответствие с расчётной осадкой (рис.9).

При проектировании следовало бы принять во внимание:
· в чертежах на разных уровнях - бульшую осадку брёвен на нижнем уровне
· при продолжении или пристраивании старых бревенчатых построек - различную осадку старой и новой конструкции
· что при проведении дымохода в верхнем и нижнем перекрытии, а также в кровле требуемые расстояния по пожаробезопасности остаются также после осадки и что конструктивные элементы могут опускаться беспрепятственно
Лёгкие конструктивные перегородки крепят к бревенчатым стенам напр. батенсом, в котором предусмотрены овальные прорези, для крепления шурупами (рис.11). Также каркас дополнительной изоляции должен быть закреплён крепежом, регулирующим осадку.
Также оконные и дверные проёмы укрепляют по сторонам деревянными гребнями, регулирующими осадку. Они устанавливаются в прорези сделанных проёмов, препятствующих боковому смещению концов брёвен (рис.7 и 8).

Рис.11.
Пример соединения лёгкой каркасной перегородки с бревенчатой стеной.

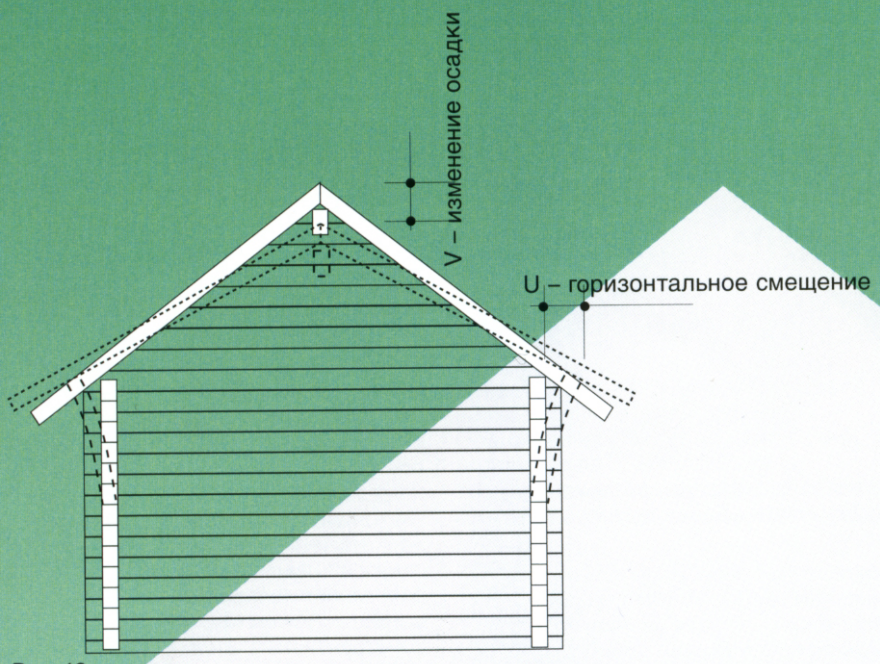


Рис.13.
Движение конструкции кровли.
Горизонтальное движение рассчитывают при помощи формулы U= v x tan α,
Где v будет осадка фронтона, а α наклон кровли

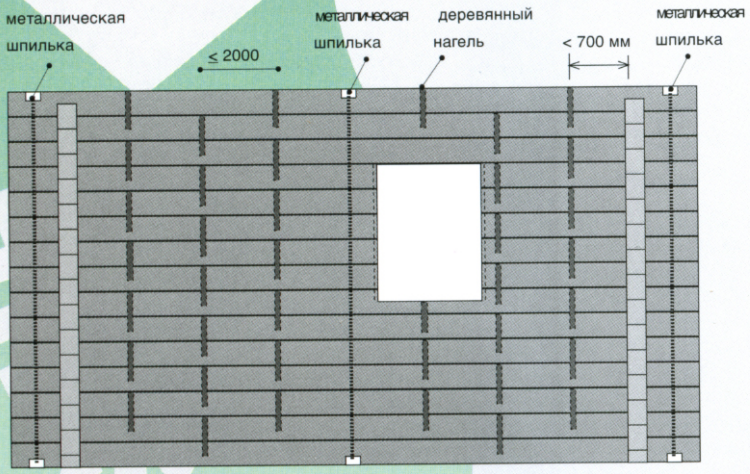


Рис.14.
Пример расположения деревянных нагелей и металлических стяжек в стене.

В жёсткой кровле, когда нижние и верхние концы кровельных балок должны быть прикреплены к припускам бревенчатой стены (фронтонные бревенчатые конструкции) вызывают происходящую осадку из-за разницы в высоте точек опоры смещение наружу кровельных балок. Поэтому надо учитывать вероятность деформации наружных стен в направлении от центра наружу, если крепление стропил не оснащено элементами крепежа допускающими возможность движения.
Бревенчатая стена должна быть жёсткой, в качестве ребер жесткости выступают поперечные стены и сопряжения в шпунт.
Деревянные нагели и металлические шпильки препятствуют смещению брёвен особенно в длинных стенах и в краях проёмов. Промежутки между деревянными нагелями должны быть как минимум 2000 мм (рис. 14)

3.2 Плотность
Содержащаяся в толще древесины влага в зимний период перемещается во внутренние помещения и затем замедляет понижение влажности воздуха в них. При помощи уплотнения замков и угловых соединений можно влиять на воздухопроницаемость бревенчатой конструкции. Трещины, возникшие в процессе сушки брёвен, не проходят сквозь толщу целого бревна и не оказывают сколько-нибудь решающего влияния на плотность бревенчатой стены.

3.3 Сохранность и защита бревенчатой стены
На сохранность бревна больше всего влияет содержание влажности в древесине. Условием для роста грибковой плесени и загнивания древесины является, по крайней мере, 20 % содержание влаги в древесине и температура + 5 C°.Когда относительная влажность воздуха продолжительное время превышает 85 %, тогда влажность древесины поднимается в соответствие с этим показателем.

Методы защиты фасада
Защитой бревенчатого фасада обеспечивают сохранность как эстетических, так и конструктивных свойств древесины. На свойства дерева влияют различные грибковые заболевания (грибки плесени и гнили), влажность и ультрафиолетовое излучение солнца. Методы защиты в принципе делят на три категории: конструктивную и химическую, а также обработку поверхности. Для получения положительного результата приходится использовать все эти методы защиты поверхности.

Конструктивная защита
Целью конструктивной защиты является уменьшение агрессивных воздействий влаги на бревенчатые части конструкции.

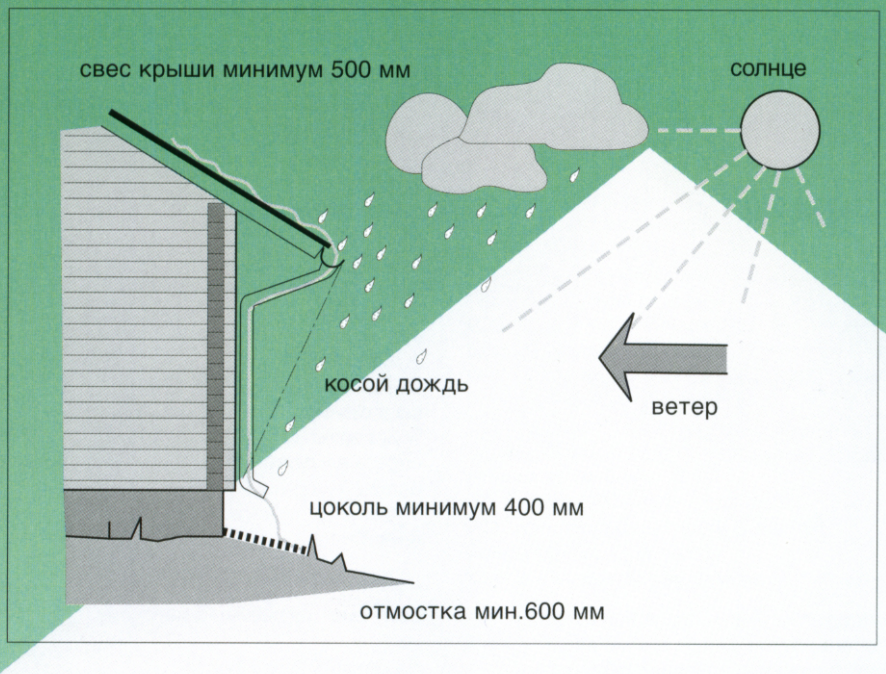
Фасад следует защищать от грунтовой влаги, поднимающейся по капиллярам кладки, атмосферных воздействий в виде проливного дождя и стекающей грязной воды.

Конструкцию дома следует проектировать таким образом, чтобы воздух мог свободно циркулировать и высушивать фасад по возможности интенсивно.

Достаточно высокий вынос карниза эффективно защищает верхнюю часть бревенчатой стены от намокания водой , стекающей с крыши и от непосредственного воздействия дождя, а также уменьшает влияние солнечного излучения. Минимальная ширина карниза должна быть по крайней мере 500 мм.

Все террасы и балконы, в которых присутствуют бревенчатые и деревянные элементы рекомендуется защитить от атмосферных осадков, при помощи устройства различных форм навесов. Конструктивное решение защиты брёвен должно быть выполнено таким образом, чтобы сточные воды не скапливались в швах “конструкция капающего носа” Изоляцию швов нельзя оставлять неприкрытой на внешней стороне стыка; следует исключить возможность подтекания воды за её края, так как изоляция при ее намокании может служить хорошей основой для появления грибковых заболеваний.

Наружный организованный водоотвод устраивают с помощью



водосточных желобов и водосточных труб, которые отводят воду в нужном направлении на землю, чтобы исключить возможность попадания стекающей воды на фасад здания при порывистом ветре. Нижний конец водосточной трубы следует устроить таким образом, чтобы сточная вода не попала на фасад здания. Нижние части оконных проёмов следует оборудовать металлическими отливами, с достаточным выносом наружу.

На верхнюю часть цоколя с внешней стороны необходимо устроить дренажную подсыпку достаточной высоты примерно 400 мм, для предохранения сруба от увлажнения и как следствие этого, загнивания нижних брёвен, вызванного талыми водами и появлением растительного слоя.

Необходимо помнить об изоляции здания от капиллярной влаги между нижним венцом и цоколем рубероидом или битумной обмазкой.

Химическая защита и обработка поверхностного слоя

Составы по обработке древесины классифицируют по следующим параметрам:

- обеспечивать химическую защиту дерева от поражения грибками (т.е. создать условия, исключающие их появление)
- покрыть защитным составом поверхностный слой древесины и таким образом препятствовать проникновению влаги в толщу дерева
- защитить поверхностный слой дерева от ультрафиолетового излучения, а также
- образовать на поверхности древесины водоотталкивающую плёнку.

Обычно защитные вещества подразделяются на окрашивающие составы и собственно защитные вещества. Окрасочные составы, по своим свойствам более наполненные и формируют на поверхности древесины более плотную и менее водопроницаемую плёнку. Защитные вещества проникают глубже в толщу древесины и не формируют на поверхности плёнку. Защитные составы, применяемые для обработки бревенчатых поверхностей, обычно содержат в дополнение к основе небольшое количество специальных антисептических компонентов, уничтожающих грибки плесени.

Составы могут быть или бесцветными, или глянцевыми, или укрывающими. Укрывающие защитные составы по своим качествам лучше, чем глянцевые и бесцветные, т.к. они обеспечивают более эффективную защиту древесины от ультрафиолетового излучения. Проникновение составов в толщу дерева происходит на глубину несколько миллиметров. Составы по защите древесины могут или образовывать на поверхности дерева плёнку или же не создавать её. Важно, чтобы при обработке бревенчатой поверхности создаваемая плёнка обладала бы способностью водопроницаемости (по этой причине не все окрашивающие составы могут использоваться для обработки бревенчатых стен) так, как цельное бревно является гигроскопичным материалом, способным поддерживать баланс влажности на оптимальном уровне в соответствие с относительной влажностью воздуха. Если плёнка не позволяет проникать частицам водяного пара сквозь неё, то давление водяного пара отделяет плёнку от её основания.

Первую обработку грунтовочным составом рекомендуется провести по возможности сразу после сборки дома, так как ультрафиолетовое излучение проникает в толщу древесины примерно на глубину 0,1 мм, разрушая при этом клеящее вещество лигнин, находящееся на клеточном слое древесины. Чем больше ультрафиолетовое излучение успеет разрушить лигнина, тем хуже будет обеспечено сцепление защитных составов с деревом.

Обработка грунтовочным составом препятствует также росту грибков плесени и синевы.

Воздействие ультрафиолетового излучения на бревенчатую стену, обращённую на южную сторону, может быть даже в пять раз больше, чем на стену, обращённую на север. Поэтому стены, ориентированные на юг и запад нуждаются в обработке защитными составами в первую очередь.

3.4 Наращивание брёвен

Наращивание круглых и строганных брёвен осуществляют методом зубчатого соединения или методом соединения по окружности или применяют прочные соединительные материалы. Такие стыковые соединения нужно располагать в месте соединения углов. В месте соединения нужно обеспечить достаточную продольную жесткость стены.

4 ОСНОВЫ РАСЧЁТА БРЕВЕНЧАТЫХ КОНСТРУКЦИЙ

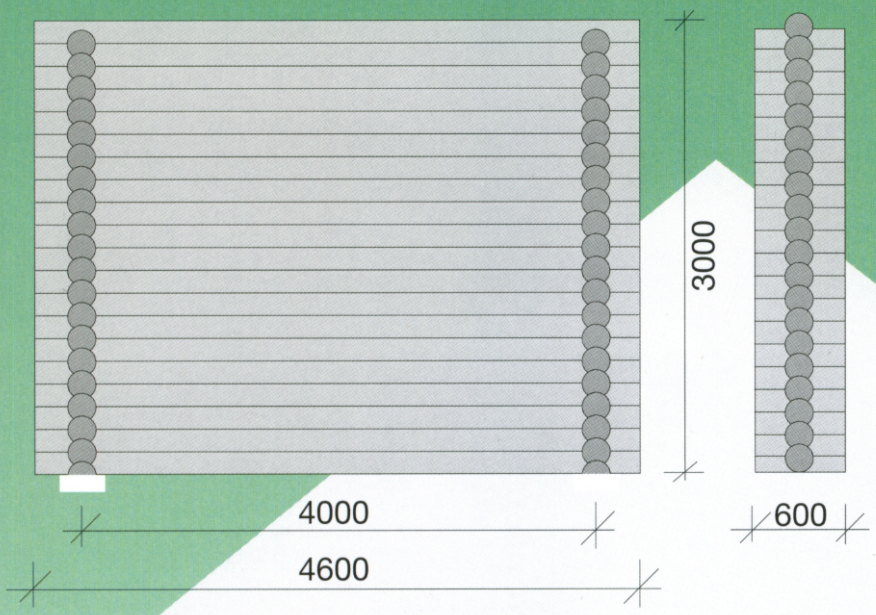
4.1 Расчётная нагрузка

Инструкции, касающиеся бревенчатых строений изложены в части В 10 «Сборник строительных нормативов Финляндии. Инструкции 1983, изменённые 1990»

Круглые бревна относятся к классу прочности Т 30.Строганые бревна относятся к классу прочности Т 24, если при сортировке не повышается класс прочности. Изготовление клееных пиломатериалов и наращенных методом зубчатого соединения, используемых в несущих конструкциях осуществляется под наблюдением ведомства по контролю качества, подчинённое Министерству окружающей среды.

При проектировании деревянных строений принятые во внимание классифицируются по признаку длительности использования следующим образом: ***A*** постоянного использования, ***B*** периодического пользования и ***C*** –кратковременного. Рассчитываемая нагрузка бревенчатых домов берётся обычно в соответствие с классом ***B.***

При проектировании строений берётся во внимание состояние влажности дерева ***RH*** , которое зависит от относительной влажности воздуха, циркулирующего в конструкции. Бревенчатые постройки рассчитывают в соответствии с классом влажности 2,



если не отмечается более высокое содержание влажности в конструкции.В деревянных постройках (сезонного) периодического использования класса ***B*** допустимые показатели прочности класса влажности 1 (комнатно-сухая древесина) и класса влажности 2 (древесина, высушенная на открытом воздухе).

Прогиб, вызванный полной нагрузкой как правило не может превышать величину ***L/200*** в верхнем этаже отапливаемого помещения, и ***L/300*** в полуэтаже и нижнем этаже(где ***L*** – пролёт), а также величина прогиба, вызванной полезной нагрузкой на нижнем этаже и полуэтаже жилых строений не может быть выше 12 мм. Прогиб консоли относительно пролёта может быть больше в два раза.

Рекомендуемый расчёт несущей способности бревенчатой стены

Данный расчет основывается на проведенных Государственным техническим научно-исследовательским институтом Финляндии (отчёт по исследованию № RTE 3718/00) испытательных нагрузках бревенчатой стены и на этом основании предоставленным заключением.

1. Исходная величина сопротивления сжатию от смятия в наименьший момент разрыва составляет 1,4 MPa .
На основании этой величины выбираем удельное смятие $f_{c,90,k}$=1,0 Н/мм^2.
2. Наибольшая высота стены 3 м.
3. Наименьшая длина углового соединения должна быть 600 мм, но в расчётах не применяют большей длины.
4. Наибольшее расстояние между угловыми соединениями 8 м.
5. Когда расстояние между угловыми соединениями находится в пределах 4-8 м , то устойчивость стены будет такая же как устойчивость стены длиной 4 м.
6. Толщина строганного бруса ≥ 70 мм и толщина круглого бревна ≥ 130 мм.
Вышеупомянутый рекомендуемый расчёт можно рассчитать по формуле:

Угловое соединение:

$F_{\text{угловое соединение}}$=600 мм · $f_{c,90,k}\cdot b_{ef}$

Где b_{ef} *будет*
0,75 умножить на толщину стены (строганный брус) и
0,5 умножить на толщину стены (круглое бревно)

Бревенчатая стена:

$F_{\text{бревенчатая стена}}$ = 1,0·$L\cdot b_{ef}$,
при Ld"4000 мм
или
$F_{\text{бревенчатая стена}}$ = 1,0·4000·b_{ef},
при 4000 мм < L < 8000 мм
Стена с угловыми соединениями:
$F_{\text{стена}}$ = 2·$F_{\text{угловое соединение}}$ + $F_{\text{бревенчатая стена}}$

Например:
Толщина стены из строганного бруса составляет 120 мм, расстояние между угловыми соединениями 5 м и высота стены 2,8 м. Угловые соединения компенсированы наличием поперечных стен.
$F_{\text{стена}}$ =2·$F_{\text{угловое соединение}}$ + $F_{\text{бревенчатая стена}}$
=2·1,0·600·0,75·120+1,0·4000·0,75·120=468000 Н = 468 кН
Это расчётная предельная нагрузка стены в условиях испытания.

А. Еврокод 5

При проведении расчёта в соответствии с нормами по проектированию RIL-205 коэффициент запаса прочности составляет 1,3 и коэффициент запаса прочности полезной нагрузки 1,5. При собственном весе можно использовать коэффициент 1,2.Например, при расчёте нагрузки конструкции класса средней продолжительности использования, принятый во внимание коэффициент периодичности использования и влажности помещений в «мокрых» помещениях будет соответственно 1 и 2 класса k_{mod} =0,8.Таким образом удельная нагрузка стены будет максимальной.
Так получают удельную нагрузку («допустимую» нагрузку):
F_k=(0,8·468)(1,5·1,3)=192 кН
Такое расчетное значение посчитанное по направлению продольного блока стены является
q_k =192/5=38,4 кН/м

В. Расчёт по предельным состояниям

В расчёте по предельным состояниям(класс периодичности использования В, класс влажности 1)при использовании коэффициента временного действия материала

K=1,3,
получают расчётную нагрузку

$F_{\text{стена}}$ =468/1,3=360 кН

Таким образом
q_k =360/5=72 кН/м

С. Допустимые смятия

При расчёте допустимых смятий допустимая нагрузка стены

$F_{\text{стена}}$ =360/(1,3·1,6)=173 кН

Таким образом

$Q_{\text{доп}}$ =173/5=34,6 кН/м

4.2 Теплоизоляция

Для расчета теплоизоляции применяются требования, содержащиеся в Сборнике строительных нормативов Финляндии в части С3 «Теплоизоляция. Инструкции 1985».

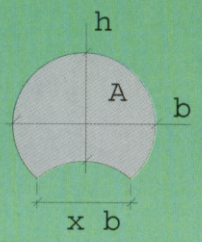
Отдельные требования k-параметра различных частей конструкций жилых строений в соответствии с этими инструкциями представлены следующим образом:

Наружная стена	k-параметр ≤ 0,28 W/m^{2}K
Верхнее перекрытие	k-параметр ≤ 0,22 W/m^{2}K
Нижнее перекрытие	k-параметр ≤ 0,36 W/m^{2}K (естественное)
	k-параметр ≤ 0,22 W/m^{2}K (проветриваемое)
дверь	k-параметр ≤ 0,7 W/m^{2}K (глухая часть)
окно	k-параметр ≤ 2,1 W/m^{2}K

Инструкции по теплоизоляции содержат дополнительно т.н. компенсационный принцип. K-параметр наружной стены может быть тем не менее не больше, чем 0,60 W/m^{2}K. Тогда как k-параметры других строительных элементов могут быть соответственно уменьшены. Средняя толщина сплошной бревенчатой стены должна быть примерно 180 мм (»$_n$=0,12 W/mK),тогда требуемая величина k будет 0,60 W/m^{2}K .

Геометрически эквивалентную толщину можно рассчитать по формуле

Геометрически эквивалентная толщина =A/h



h=диаметр – высота сечения
A=нижний уровень поперечного разреза круглого бревна
b=диаметр
xb=ширина выборки

Если ширину выборки принимают равной 0,5 b, то эквивалентную толщину получают 0,855 b. При ширине выборки 0,6 b соответствующее значение будет 0,880 b. Устройство пароизоляционного слоя в конструкции позволяет воздуху свободно циркулировать сквозь швы в бревенчатых стенах. Таким образом, проходящий сквозь бревенчатую стену воздух согревается, и бревенчатая стена действует как эффективный теплообменник. Такое явление называется термической взаимосвязью. Исследования показывают, что общая потребность в потреблении энергии может быть значительно уменьшена, особенно при расчёте потерь по воздухообмену.

4.3 Меры по влагозащите бревенчатых стен

Массивная бревенчатая стена
Массивная бревенчатая стена без дополнительной изоляции с точки зрения мер по влагозащите является надёжным и безопасным решением, когда конструктивная защита выполнена на должном уровне. Влажность бревенчатой стены колеблется в соответствии с относительной влажностью воздуха. Среднее колебание влажности в своём максимуме будет немного выше у брёвен меньших толщин.

Бревенчатая стена с дополнительной изоляцией
Мероприятия по влагозащите бревенчатой стены с дополнительной изоляцией будут, безусловно, более сложными, чем влагозащита массивной бревенчатой стены. Не рекомендуется устраивать теплоизоляцию с внутренней стороны бревенчатой стены, если не применяется пароизоляционный слой. Теплоизоляцию с внутренней стороны можно выполнить без пароизоляционного слоя, если толщина теплоизоляции будет не более 50 мм. При таком конструктивном решении с внутренней стороны должна быть использована в качестве воздухозащитного слоя битумная бумага и т.п. материал. При толщине теплоизоляции больше чем 50 мм, нужно применять достаточно плотный пароизоляционный слой. В случае применения вентиляционного зазора между бревном и изоляцией, такую теплоизоляцию бревна нельзя считать целесообразной при проведении теплоизоляционных работ в здании.

В случае выполнения мер по теплоизоляции с внешней стороны мероприятия по влагозащите не представляется проблемной, тогда как бревно в конструкции на тёплой, т.е. на сухой стороне. В такой конструкции представляется целесообразным оставить вентзазор между теплоизоляцией и наружной отделкой, чтобы по возможности накапливаемая влага на гидроизоляционном слое

Таблица 4.
Нормативные k-значения (W/m²K)теплоизолированных и стеновых конструкций без изоляции. (бревно λ_n =0,12 ,теплоизоляция λ_n =0,037 W/mK)
НН - строганный брус и Ш- круглое бревно.

Бревно мм	Изоляция (мм) 0	50	75	100	125	150
НН 70	1,28	0,47	0,36	0,29	0,24	0,21
НН 95	1,01	0,43	0,33	0,27	0,23	0,20
НН 120	0,83	0,39	0,31	0,26	0,22	0,19
НН 145	0,71	0,36	0,29	0,24	0,21	0,18
НН 170	0,62	0,34	0,27	0,23	0,20	0,18
НН 195	0,55	0,31	0,26	0,22	0,19	0,17
НН 220	0,45	0,30	0,25	0,21	0,18	0,16
Ш130	0,89	0,40	0,32	0,26	0,22	0,19
Ш150	0,79	0,38	0,30	0,25	0,22	0,19
Ш170	0,71	0,36	0,29	0,24	0,21	0,18
Ш190	0,64	0,34	0,28	0,23	0,20	0,18
Ш210	0,59	0,33	0,27	0,23	0,20	0,17
Ш230	0,54	0,31	0,26	0,22	0,19	0,17

ПРИМЕР КОМПЕНСАЦИОННОГО РАСЧЁТА

В здании 100 м² общей площадью считаем площадь нижнего и верхнего перекрытия примерно 100 м², стены примерно 80 м2, а также окон примерно 15 м² и дверей около 5 м². Площадь поверхности теплоотдачи следовательно будет 300 м².В соответствии с k-параметром различных строительных элементов посчитанный средний k-параметр всей теплоотдающей поверхности не должен превышать k=0,385 W/m²K.

Строительный элемент	Требование		Выбранная конструкция		
	A	k_{vaad}	A x k_{vaad}	k	A x k
	мl	W/m²K	W/K	W/m²K	W/K
Нижнее перекрытие	100	0,36	36,0	0,23	23,0
Верхнее перекрытие	100	0,22	22,0	0,15	15,0
Стена	80	0,28	22,4	0,60	48,0
Окна	15	2,10	31,5	1,70	25,5
Двери	5	0,70	3,5	0,70	3,5
Всего:	300		115,4		115,0

k_{vaad}=115,4/300=0,385 W/m²K

k_{vaad}=115/300=0,383 W/m²K

Если стеновую конструкцию выполняют так, что k-параметр будет больший, чем возможно, т.е. 0,6 W/m²K, то в таком случае нужно добавить больше изоляции для других строительных элементов. Например, используя окна хорошие по теплоизоляционным качествам окна (k=1,7 W/m²K),изолируя нижнее перекрытие так, что его k-параметр будет составлять 0,23 W/m²K, а в изоляции верхнего перекрытия k-параметр имеет значение 0,15 W/m²K,в итоге получаем высокий k-параметр 0,383 W/m²K, когда считаем следуя приведённым выше расчётам. Таким образом, конструкция удовлетворяет требования по теплоизоляции.

могла высохнуть и просочившаяся сквозь наружную отделку вода с наружной стороны не попала на теплоизоляционный слой.

4.4 Влагоизоляция
Инструкции, касающиеся мер по влагоизоляции в строительстве содержатся в Сборнике строительных нормативов Финляндии в части С2 «Влажность, предписания и инструкции». Конструктивные элементы должны быть выполнены таким образом, чтобы скапливаемая на этих элементах дождевая и талая вода, а также конденсат образующийся в результате диффузии из жилого помещения или из грунта, не оказывали негативного влияния на конструкцию. Особенно следует обратить внимание на следующие пункты:

- В местах соприкосновения бетона и деревянных частей должна быть гидроизоляция
- Нижний уровень бревенчатой стены должен быть не ниже 400 мм уровня поверхности земли
- Помещения с повышенной влажностью (душевые, туалеты) не рекомендуется располагать вдоль незащищённой бревенчатой стены.
- Гидро- и влагоизоляцию нужно выполнить особенно тщательно, придерживаясь инструкций, представленных фирмой-изготовителем изоляционных материалов.

4.5 Биоогнестойкость бревенчатых конструкций
Инструкции, касающиеся мер по влагоизоляции в строительстве содержатся в Сборнике строительных нормативов Финляндии в части Е1 «Противопожарная охрана строений». Бревно относится к легко воспламеняемым материалам, в связи с особенностями поверхностного слоя его разделяют на две категории по легкости воспламенения (медленно возгораемый поверхностный слой) категория 2 и поверхностный слой категории II по свойствам распространяемости огня (медленно распространяемый огонь).
Тем не менее, нужно учитывать при определении категории легкости воспламенения и распространяемости огня конструкцию фундамента и обшивочных материалов (вагонка и т.д.)

Объединённые требования к строительным элементам можно классифицировать следующими буквенными обозначениями:

R несущая способность
E плотность
I изоляция

Быстрота возгорания бревечатой стены при различных толщинах бревна на основании проведённых испытаний на огнеопасность классифицируется обозначениями (EI).

Определение несущей способности бревенчатой стены в случае пожарной опасности устанавливают, используя рекомендуемый расчёт, приведённый в Сборнике строительных нормативов Финляндии в части В 10, пункт 4.1.

4.6 Звукоизоляция бревенчатой стены
Звукоизолирующая способность бревенчатой стены зависит, в том числе от массы стены, плотности выборки и жёсткости бревенчатой стены. В сборнике строительных нормативов Финляндии для стен коттеджей не установлены требования по звукоизоляции, но в зависимости от назначения стены можно требовать 39 … 63 дб звукоизоляции воздушного пространства и в соответствие с раздельными помещениями. Бревенчатая стена не обладает такой хорошей способность изолировать звук. Поэтому при проведении мер по звукоизоляции здания целесообразно использовать многослойные конструкции (напр.бревно+изоляция+щитовые отделочные материалы) либо другие строительные материалы.

4.7 Воздухообмен конструкции
Правила по воздухообмену изложены в Сборнике строительных нормативов Финляндии в части D2 «Циркуляция воздуха в помещении и воздухообмен конструкции. Правила и инструкции 1987».В зоне жилых помещений и во всех привычных помещений общего назначения нужно достичь оптимального воздухообмена. Влажность, чистота и температура воздуха в помещениях должна находиться под особым контролем. В зоне жилых помещений необходимо исключить появления сквозняка и мешающего шума.

Циркуляция воздуха должна быть достаточна для того, чтобы конденсация влажности в конструкции не вызвала проблем разрушения конструктивных элементов. Воздух, поступающий извне может проникать вовнутрь в т.ч. через наружную обшивку здания или в качестве перемещающегося воздухопотока.

5 ХРАНЕНИЕ НА СТРОЙПЛОЩАДКЕ
Строительные материалы складируют в большинстве случаев на улице, в таком случае их надлежит защищать от солнца, атмосферных осадков, и влаги поднимающейся с земли. Складируемые материалы необходимо поднять от земли на высоту не менее 30 см, чтобы скапливающаяся влага на поверхности земли и растительного слоя не причинила им вреда. Для обеспечения достаточной устойчивости и предотвращения деформации расстояние между подкладными досками должно быть не более 1,5м. Нельзя допускать скапливание талой воды под пиломатериалы. Рядом с подкладными досками следует иметь достаточное количество укрывающего покрытия, так как защитное покрытие, используемое при перевозке, не предназначено для длительной защиты строительных материалов от атмосферных воздействий. Лесоматериалы нужно покрывать таким образом, чтобы защитить их от дождя, снега грязи и прямых солнечных лучей. Прозрачная плёнка не подходит в качестве укрывающего материала, потому что она не защищает дерево от воздействия солнца.

Лесоматериалы следует покрывать, оставляя небольшой воздушный зазор между ними. Укрывающий материал должен также защищать концы брёвен и досок, но вместе с тем он не должен доставать до земли. Лесоматериал следует укладывать в штабеля таким образом, чтобы между пакетами и брёвнами можно было установить поперечные рейки. Таким образом, обеспечивается циркуляция воздуха и устранение образующегося конденсата.

6 УСЛОВИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ БРЕВЕНЧАТОГО КАРКАСА
Изоляцию нельзя оставлять намокать в процессе сборки дома, так как намокшая изоляция даёт возможность для развития грибкового заражения. Необходимый кусок изоляционного покрытия отрезают в течение рабочего дня и используют во избежание намокания.

Каркас бревенчатого дома защищают в соответствии с возможностями во время монтажа от длительных периодов дождя.
При длительной защите и сырой погоде нужно следить за достаточным проветриванием лесоматериала под защитным покрытием.

В дополнение к этому при окончании строительства следует обратить особое внимание на то, чтобы обеспечить просушку в самой конструкции, так как испаряемая влага с конструктивных элементов может вызвать появление «синевы» на деревянных поверхностях. Дополнительно следует придерживаться инструкций по сборке, предоставленных изготовителем.

Хирситалотеоллисуус ХТТ РЮ
Атомитие 5 С, 00370 Хельсинки
тел.(09) 5031801,
факс (09) 5031810

ХТТ - издания:
Хирситалотеоллисуус ХТТ РЮ опубликовало совместно с официальными органами действующие инструкции в данной области:

1. Условия поставки бревенчатых домов, ХТТ 3/2001
2. Основы проектирования бревенчатых домов, ХТТ 3/2001
3. Требования к качеству бревенчатых домов, ХТТ 3/2001

Дополнительно объединение издало две книги:

1. Проектирование бревенчатых домов, Ракентаяйн Тиетокирьят 3/2001
2. Строительство бревенчатого дома, Ракентаяйн Тиетокирьят 5/2001