

СУШКА БРЕВЕН БЕЗ ТРЕЩИН

Дома из бревен строят по всему миру в течение тысяч лет. Притягательность деревянного дома связана прежде всего с тем, что дерево – живой естественный полимер. Древесина является таким строительным материалом, который не загрязняет окружающую среду и не мешает природе обновляться. Помимо того, что дерево обладает превосходными строительно-техническими характеристиками, с ним связаны простые жизненные ценности, касающиеся качества человеческого существования. В отличие от остальных строительных материалов дерево «дышит». В клеточном строении бревна незначительно происходит постоянный обмен воздуха. Одновременно влажность воздуха внутри дома поддерживается на оптимальном для человеческой жизни уровне. Древесина впитывает влагу из окружающего воздуха, когда в доме излишне влажно, и, наоборот, отдает влагу в помещение с сухим воздухом. Здесь вы дышите чистым и здоровым воздухом, не сухим и не влажным. У натурального бревна или бруса всегда «теплый» цвет и неповторимая текстура. Структура, золотисто-янтарный цвет хорошо обработанной древесины, как бы светящейся изнутри, создают комфортный психологический настрой, вселяют спокойствие и оптимизм. Древесину

называют материалом, «дружелюбным» человеку: любой, кто входит в деревянный дом, чувствует себя комфортно и уютно.

О достоинствах деревянного дома много говорить не имеет смысла – они общеизвестны. Дерево отлично держит тепло. Если сравнивать с кирпичом, деревянная стена, эквивалентная кирпичной с точки зрения удержания тепла, должна быть в 4–5 раз тоньше.

В последние годы с развитием новых технологий в деревообработке начали строить деревянные дома из оцилиндрованного бревна и клееного бруса.

ДЕРЕВЯННЫЕ ДОМА ИЗ ОЦИЛИНДРОВАННОГО БРЕВНА

Бревна цилиндруют на специальных станках, в результате бревно становится идеально круглым в сечении и получает одинаковый диаметр по всей длине. Благодаря этому бревна при монтаже плотнее прилегают друг к другу, образуя жесткую конструкцию, улучшаются теплоизоляционные свойства стен.

Следующий момент – сушка. При строительстве домов из оцилиндрованного бревна до 95% бревен сушат естественным способом на открытом воздухе. Процесс сушки бревен естественным способом продолжается от одного до двух лет. При сушке бревен в конвективных камерах продолжитель-

ность сушки составляет 1,5–2 месяца. При сушке бревен естественным способом и в конвективных сушилках не удается избежать образования трещин на поверхности бревна. Трещины считаются обязательным и неотъемлемым атрибутом сухого бревна. Трещины на поверхности бревна портят эстетический вид деревянных домов и снижают теплопроводность. Для предотвращения растрескивания бревен в бревнах делают компенсационные пазы. Однако избежать трещин все равно не удастся. Вторым недостатком при строительстве деревянных домов из оцилиндрованного бревна является усадка. Деревянные дома, собранные из невысушенного материала, в процессе сушки по высоте оседают до 30 см. Немногие фирмы готовы ждать год, пока оцилиндрованное бревно высохнет естественным способом, и достичь низкого процента влажности таким образом невозможно. Для предотвращения растрескивания бревен и брусев при высыхании и исключения усадки сруба после возведения домов многие производители начали выпускать деревянные дома из клееного бруса. Только при использовании сушеного клееного профилированного стенового материала уходили от проблем усадки зданий, растрескиваний бревен и многих других проблем деревянных конструкций из материалов естественной влажности, что конечно дает преимущество именно сушеному клееному профилированному материалу.

ДЕРЕВЯННЫЕ ДОМА ИЗ КЛЕЕНОГО БРУСА

Технология изготовления клееного бруса такова. Качественный хвойный лес – плотноволокнистая сосна или сибирская лиственница – распускается на доски, затем высушивается каждая доска. Чтобы обнаружить дефекты, доски строгают, а дефектные части вырезают. После этого доски сращиваются по торцам – получаются ламели. Полученные ламели калибруют и затем склеивают под давлением в специальных прессах (в клееном брус, как правило, от двух до шести ламелей). При этом ламели соединяются таким образом, чтобы их годовые кольца были обращены наружу, благодаря чему брус приобретает прочность. Готовый клееный брус профилируется, из него вырезают чашки, его торцуют и упаковывают. Влажность упакованной продукции составляет не более 12%. Образование трещин исключено, клееный брус не рассыхается. Стены из такого бруса не дают усадки, поэтому

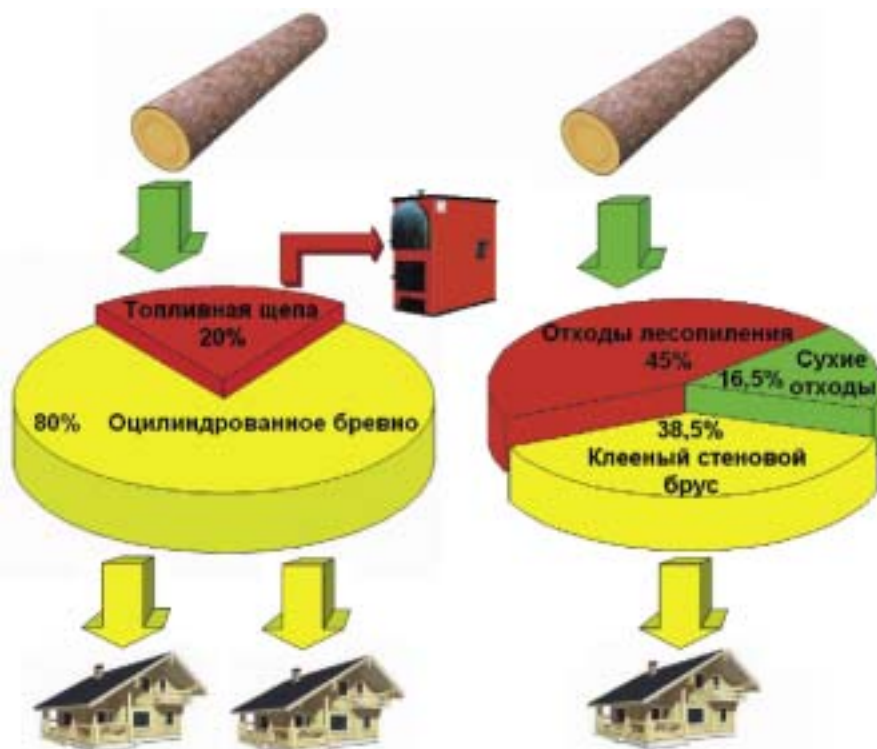


Рис. 1. Баланс готовой продукции и отходов производства оцилиндрованного бревна (слева) и клееного стенового бруса (справа)

отделку можно производить сразу же после возведения дома. К недостаткам клееного бруса относится сравнительно высокая стоимость, которая в 2–3 раза превышает стоимость оцилиндрованного бревна. Относительным недостатком клееного бруса является недолгая история его применения в ограждающих конструкциях.

Для стен из клееного бруса открытым остается вопрос: а способна ли «дышать» стена из клееного бруса. Специалисты расходятся во мнении, способна ли клеенная древесина «дышать». Одни считают, что слои клея препятствуют этому (а в клееном брус соединяется от 2 до 6 досок-ламелей). Другие утверждают, что современные материалы для склейки незначительно влияют на циркуляцию воздуха через поры. Экспериментально проверенных данных нет.

Дома из оцилиндрованного бревна чрезвычайно гармонируют с природой средней полосы России и передают эту гармонию своим обитателям, что положительно отражается на физическом и психическом здоровье человека. По этой причине многие производители деревянных домов клееный брус оцилиндруют.

А теперь рассмотрим экономическую часть производства стен из оцилиндрованного бревна и клееного бруса.

На российском рынке средняя стоимость оцилиндрованного бревна из сосны диаметром 20 см естественной влажности составляет 120 \$/м³. После сушки до 30–35% влажности естественным способом (под открытым небом) средняя стоимость оцилиндрованного бревна поднимается до 250 \$/м³. Оцилиндрованные бревна с влажностью 20–25% стоят 350 \$/м³. А минимальная стоимость соснового клееного бруса толщиной 20 см – 450 \$/м³.

БАЛАНС ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ И ОТХОДОВ

При производстве срубов из оцилиндрованного бревна выход готовой продукции составляет 80%. Отходами в основном является топливная щепка естественной влажности. Производству клееного бруса предшествуют следующие этапы: лесопиление и сушка пиломатериалов. Выход пиломатериалов при лесопилении составляет 55%. Отходами лесопиления являются опилки, рейки и горбыль. Все отходы лесопиления имеют естественную влажность. После лесопиления пиломатериалы подвергаются принудительной сушке. При производстве клееного бруса из пиломатериалов выход готовой продукции составляет 70%. Отходами цеха клееного бруса являются опилки, кусковые отходы и стружка. Все отходы цеха клееной продукции имеют влажность готовой

продукции 10–12%. Общий выход готовой продукции при производстве клееного профилированного бруса составляет 38,5%. В итоге при производстве срубов из оцилиндрованного бревна получаем в 2 раза больше готовой продукции, чем при производстве срубов из клееного бруса.

СТОИМОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ

Средняя стоимость оборудования для цеха по производству оцилиндрованного бревна составляет 35 тыс. \$. Для производства клееного бруса необходим цех лесопиления, сушильные камеры, цех клееной продукции с общей суммарной стоимостью оборудования 550 тыс. \$, что в 15 раз превышает стоимость цеха для производства оцилиндрованного бревна.

Вернемся к трещинам. Неужели трещины – неотъемлемый атрибут сухого бревна? Нельзя ли от них избавиться? Рассмотрим механизм образования трещин на поверхности бревна. Все существующие в мире способы сушки древесины основаны на выводе влаги на поверхность древесины и испарении ее с поверхности. Чтобы влага перемещалась на поверхность древесины, необходимо создать градиент влажности, то есть высушить поверхность. Процесс сушки бревен в сушильных камерах достаточно сложен и длителен по времени: нужно, чтобы влага из середины бревна успевала выйти на поверхность. Если поверхность будет сохнуть заметно быстрее сердцевины, возникнут трещины, так как сухое дерево имеет меньший объем.

Условно круглое бревно разделим на две зоны: центральную и наружную. При конвективной сушке бревна в первую очередь высыхают поверхностные слои бревна, т.е. наружная зона. Если условно убрать центральную зону, то наружная зона за счет усушки должна уменьшиться в диаметре. Центральные зоны остаются набухшими. Это приводит к растягиванию поверхностных слоев вокруг набухшей центральной зоны и образованию трещин на поверхности бревна (см. рис. 2). Чем медленнее сушка, то есть маленький градиент влажности, тем меньше растягивающие усилия. Как бы медленно не проходила сушка бревна, исключить растягивающие силы не удастся. Отсюда возникает вопрос: нельзя ли высушить сначала центральную зону. Высохшая центральная зона дала бы усадку и притягивала бы к себе наружные зоны. Наружные зоны вместо растяжения начинали бы сжиматься, препятствуя образованию трещин. То есть элпор растяжения на поверхности менял бы знак, образовалось бы усилие, закрывающее даже существующие микротрещины (см. рис. 3).

Для решения данной задачи был предложен уникальный СВЧ-способ сушки бревна, которому нет аналогов в мире. В предлагаемом СВЧ-способе сушки в первую очередь высыхает центральная зона бревна, за центральной зоной – поверхностные слои, и трещины, таким образом, не образуются.

Суть технологии заключается в том, что при локальном подводе СВЧ-волн специального типа Х со стороны торцов круглого лесоматериала напряженность Е электрического поля волн Х распределяется в аксиальных направлениях, т.е. параллельно волокнам древесины, с максимальным значением напряженности Е в центральной зоне. Это способствует большему выделению СВЧ-энергии в центральной зоне по сравнению с периферийной зоной, поскольку в периферийной зоне вектор напряженности электрического поля Е ориентирован перпендикулярно волокнам древесины (при ориентации вектора напряженности Е параллельно волокнам древесины в древесине выделяется в 1,4–2 раза больше энергии, чем при ориентации вектора напряженности Е перпендикулярно волокнам). По этой причине центральные зоны поперечного сечения бревна высыхают раньше, чем периферийные зоны. Из-за высокой проницаемости древесины вдоль волокон пар удаляется через торцы бревна (для древесины сосны проницаемость вдоль волокон в 5 200 раз больше, чем поперек волокон).

Таким образом, при воздействии СВЧ-излучения волн Х энергия со специальной антенны, попадая на торец влажного бревна, практически полностью распространяется внутри него. Учитывая, что влажное бревно имеет большие диэлектрические потери, проходящая внутри древесины СВЧ-мощность полностью поглощается древесиной. Происходит быстрое высыхание бревна со стороны торцов. Так как сухая древесина имеет меньшие ко-

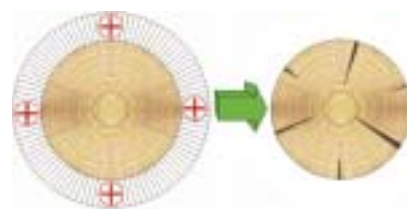


Рис. 2. Сушка бревен традиционным способом

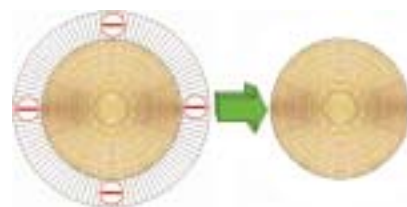


Рис. 3. Сушка бревен предложенным СВЧ-способом

эффиценты диэлектрических потерь, проходящая внутри древесины СВЧ-мощность практически не поглощается древесиной, а распространяется вокруг бревна, и процесс сушки идет от торцов бревна к его центральной части по длине и вследствие транспортирования СВЧ-энергии вдоль бревна к более влажным зонам. При этом высохшая часть бревна является диэлектрическим волноводом для транспортирования СВЧ-энергии.

Удаление части влаги в виде пара через свободную от влаги капиллярную систему древесины обеспечивает ее «пропаривание», т.е. влаготепловую



Рис. 4. Оцилиндрованное бревно лиственницы, высушенное СВЧ-способом до 10% влажности.

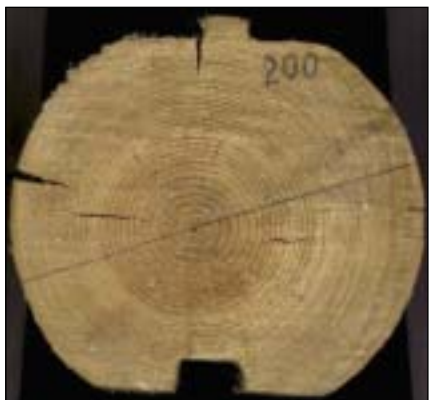


Рис. 5. Оцилиндрованное бревно лиственницы, высушенное под открытым небом до 25% влажности.

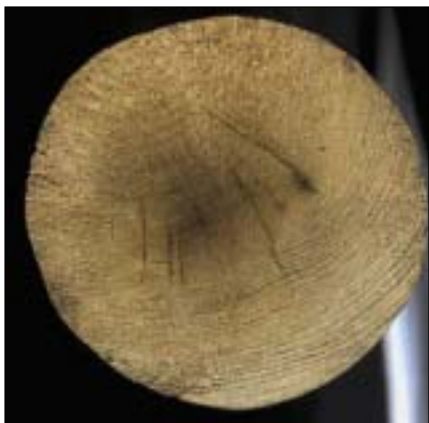


Рис. 6. Оцилиндрованное бревно с обугленным центром

обработку, при которой происходит снятие остаточных напряжений, а следовательно, уменьшается проявление внутренних и внешних повреждений в пиломатериале, улучшается качество получаемой продукции. На рис. 4 показано оцилиндрованное бревно лиственницы, высушенное предложенным СВЧ-способом. Выбор пал на лиственницу, т.к. древесина лиственницы труднее сохнет по сравнению с другими породами.

Параллельно с СВЧ-сушкой проводились контрольные сушки под открытым небом. Результаты сушки показаны на рис. 5.

Предложенный вашему вниманию СВЧ-способ был разработан путем теоретических исследований. Для проверки достоверности теоретических исследований была произведена контрольная сушка бревна СВЧ-энергией, вдвое превышающей расчетную мощность. В результате контрольной сушки центральная зона обугливалась, что доказывает достоверность теоретических результатов. Ниже на рис. 6 показано бревно с обугленным центром.

В заключение рассмотрим, что дает внедрение в производство предложенного СВЧ-способа сушки оцилиндрованных бревен. Производительность СВЧ-сушильной установки для сушки оцилиндрованных бревен с мощностью СВЧ-генератора 75 кВт составит 6–8 м³/сутки. При двухсменной работе оцилиндровочного станка потребность СВЧ-установок составит 2 шт. Ориентировочная стоимость СВЧ-установки составляет 70 тыс. \$. Следовательно, стоимость цеха по производству сухого оцилиндрованного бревна составит 175 тыс. \$. Затраты сетевой энергии на сушку оцилиндрованного бревна – около 300 кВт/м³. В итоге из пиловочника получаем 20% сырой топливной щепы, которые без переработки пойдут в котельную для отопления производственных, вспомогательных помещений, и 80% готовой продукции. Стоимость СВЧ-сушки бревен по расчетам составляет менее 50 \$/м³. Следовательно, стоимость сухого оцилиндрованного бревна без трещин – не более 200 \$/м³, что в 2–3 раза меньше, чем при производстве срубов из клееного бруса.

Как мы уже рассмотрели, цех клееного бруса с аналогичной производительностью стоит 550 тыс. \$, что в 3 раза больше стоимости предложенной технологии. При производстве клееного бруса из пиловочника получаем 45% сырых отходов, которые после переработки пойдут в котельную. Тепло, вырабатываемое из отходов, идет на сушку пиломатериалов и на отопление производственных, вспомогательных помещений. Сухие отходы в количестве

16,5% от пиловочника из цеха клееной продукции практически не используются. Для сжигания каждого вида древесных отходов существует своя специальная и специфическая технология. Котельные, предназначенные для сжигания отходов влажностью около 50%, не эффективны для сжигания сухих отходов с содержанием воды около 30%. При сжигании сухих отходов в котлах, предназначенных для сжигания влажного топлива, КПД котлов падает до 0,3. А в котлах, предназначенных для сжигания сухих отходов, влажное сырье не будет сгорать по причине того, что ему необходима очень высокая температура внутри котла. В России, однако, появились производители котлов, которые утверждают, что могут эффективно сжигать практически любые отходы в котле, предназначенном для сжигания отходов 30%-ной влажности. Однако проведенный анализ с привлечением иностранных специалистов показал, что КПД таких котлов крайне низок. Вредные выбросы при неправильном сжигании биомассы велики и очень пагубно влияют на окружающую среду, людей, растительный и животный мир. Из сухих отходов можно было бы производить топливные гранулы, но, по данным специалистов-деревообрабочников, при объеме производства менее 3 т/час организация такого предприятия не рентабельна, и сухие отходы в основном вывозятся на свалки, увеличивая расходы на 1 м³ продукции. В итоге из пиловочника получаем 38,5% готовой продукции, что в два раза меньше, чем при производстве оцилиндрованного бревна. 61,5% от пиловочника идет на отходы. А для выращивания спелой древесины хвойных пород необходимо ждать 100 лет.

В итоге при внедрении СВЧ-способа сушки бревен получаем готовую продукцию, ничем не уступающую клееному брусу, стоимостью в 2–3 раза ниже стоимости клееного бруса и, самое главное, из одинакового количества сырья получаем в два раза больше готовой продукции. Стоимость оборудования при использовании предложенного способа в 3 раза меньше по сравнению с оборудованием для производства клееного стенового бруса. Потребность в инвестициях для разработки промышленного образца составляет 200 тыс. \$. Данная технология может применяться для размораживания пиловочного сырья перед лесопилением, а также для пропаривания древесины собственной влагой в производстве шпона и фанеры.

ГАРЕЕВ Фаузат Хамитович,
кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник
Научно-технического центра «ПИК»