

СУШКА ДРЕВЕСИНЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ВОЛНАМИ

ГАРЕЕВ Фаузат Хамитович,
кандидат технических наук,
научно-технический центр «ПИК»

Электромагнитные волны представляют собой движущееся электромагнитное поле – электрическое и магнитное поля, перпендикулярные друг к другу, которые вместе распространяются в пространстве. Изменение поля одного вида возбуждает в соседних областях пространства переменное поле другого вида, и электромагнитная волна продолжает распространяться. Спектр электромагнитных волн очень широк. На одном конце находится электричество в 50 Гц, а на другом – рентгеновское и гамма-излучение.

Для нагрева и сушки древесины применяются в основном электрические колебания промышленной частоты (индуктивный нагрев), радиоволны высоких и сверхвысоких частот (диэлектрический нагрев) и инфракрасное излучение (инфракрасный нагрев).

Индукционный нагрев – это нагрев токопроводящих тел за счет возбуждения в них электрических токов переменным электромагнитным полем. Источниками электромагнитного поля при индукционном нагреве служат индукторы. Для создания переменного электромагнитного поля

при индуктивном нагреве используются токи низкой (50 Гц), средней (до 10 кГц) и высокой (свыше 10 кГц) частоты. Для питания индукторов токами средней и высокой частоты применяют машинные и статические преобразователи, а также ламповые генераторы. К наиболее распространенным процессам, использующим индукционный нагрев, относятся: плавка металлов, зонная плавка, нагрев под обработку давлением и др. Для сушки древесины индукционным способом в основном применяется промышленная частота 50 Гц. Индукционная сушка древесины основана на следующем: штабель пиломатериалов с уложенными между рядами досок ферромагнитными элементами помещают в электромагнитное поле промышленной частоты (50 Гц), образованное во внешнем по отношению к штабелю индукторе-соленоиде. Соленоид монтируется внутри сушильной камеры из проводников больших сечений. Ферромагнитные элементы, нагревающиеся индуктивными (вихревыми) токами, передают тепло древесине путем непосредственного контакта

(кондуктивным способом). Соленоид состоит из нескольких секций, которые подключают к сети трехфазного тока последовательно, параллельно, на «звезду» или «треугольник». Температуру нагрева регулируют путем изменения напряженности электромагнитного поля, что достигается различными вариантами включения соленоида.

При этом способе в процессе сушки температура древесины выше, чем температура окружающей среды, в результате чего в штабеле создается положительный температурный перепад, который интенсифицирует процесс удаления влаги из материала. Продолжительность индукционной сушки в два раза меньше по сравнению с камерной сушкой пиломатериалов нормальными режимами. Однако себестоимость индукционной сушки примерно в два раза выше себестоимости камерной сушки. Этот способ не обеспечивает удовлетворительного качества высушенного материала: большая неравномерность высыхания материала, местные перегревы, большие внутренние напряжения.

Инфракрасный нагрев – это нагрев материалов электромагнитным излучением с длиной волны 2 мм – 760 нм (инфракрасное излучение). Инфракрасный нагрев основан на свойстве материалов поглощать определенную часть спектра этого излучения. При соответствующем подборе спектра испускания инфракрасного излучателя достигается глубокий или поверхностный нагрев облучаемого тела, а также его локальная сушка без нагрева всего объекта. Источником энергии при инфракрасном нагреве служат инфракрасные излучатели, состоящие из собственно источника энергии (нагретого тела) и отражателя. В зависимости от степени нагрева источников их условно подразделяют на низкотемпературные, нагреваемые до температур менее 700°C, средне-температурные – от 700 до 1500°C,

Длина волны	Наименование волны	Частота
более 100 км	Низкочастотные электрические колебания	0–3 кГц
100 км – 1 мм	Радиоволны	3 кГц – 3ТГц
100–10 км	- очень низкочастотные (ОНЧ)	3–30 кГц
10–1 км	- низкочастотные (НЧ)	30–300 кГц
1 км – 100 м	- среднечастотные (СЧ)	300 кГц – 3 МГц
100 м – 10 м	- высокочастотные (ВЧ)	3 – 30 МГц
10–1 м	- очень высокочастотные (ОВЧ)	30–300 МГц
1 м–10 см	- ультравысокочастотные (УВЧ)	300 МГц – 3 ГГц
10–1 см	- сверхвысокочастотные (СВЧ)	3 – 30 ГГц
1 см – 1 мм	- крайневысокочастотные (КВЧ)	30 – 300 ГГц
1–0,1 мм	- гипервысокочастотные (ГВЧ)	300 ГГц – 3 ТГц
2 мм – 760 нм	Инфракрасное излучение	150 ГГц – 400 ТГц
760–380 нм	Видимое излучение (оптический спектр)	400 – 800 ТГц
380–3 нм	Ультрафиолетовое излучение	800 ТГц – 100 ПГц
10 нм – 1 пм	Рентгеновское излучение	30 ПГц – 300 ЭГц
< 10 пм	Гамма-излучение	> 30 ЭГц

и высокотемпературные – выше 1500°С. В качестве источников применяют: трубчатые электрические нагреватели, зеркальные сушильные лампы; электрические нагреватели, состоящие из вольфрамовой спирали, помещенной в герметичную кварцевую трубку, наполненную инертным газом и парами йода, и др. Установки инфракрасного нагрева представляют собой камеры или туннели, размеры и формы которых соответствуют размерам и форме обрабатываемых изделий. Излучатели укрепляют на внутренней стороне установки; расстояние между ними и поверхностью нагреваемых предметов обычно составляет 15–45 см. В промышленности инфракрасный нагрев широко применяют для нагрева до сравнительно небольших температур низкими тепловыми потоками (сушка овощей, фруктов; лакокрасочных материалов, нагрев термопластических материалов перед формованием; вулканизация каучука и др.). Из-за малой глубины проникновения инфракрасных волн в древесину данный вид нагрева при сушке древесины широкого распространения не получил.

Радиоволны (с учетом особенностей их распространения, различных частот в пределах Земли и в космическом пространстве) используют для решения конкретных технических задач. Так, на ОНЧ осуществляют подводную и подземную радиосвязь, на НЧ, СЧ, ВЧ и СВЧ – радиовещание; УВЧ, СВЧ, КВЧ используют в телевидении, радиолокации и мобильной связи; КВЧ и ГВЧ – в спектроскопии твердых и газообразных веществ. В таблице диапазон СВЧ соответствует сантиметровым волнам. Однако на практике этим термином опреде-

ляют диапазон с более широкими границами, который включает в себя волны от метровых до миллиметровых (300 МГц – 30 ГГц).

Диэлектрический нагрев – это нагрев диэлектриков в переменном электрическом поле радиоволн. При наложении переменного электрического поля в диэлектриках появляется ток смещения, вызванный их поляризацией, и ток проводимости, обусловленный наличием в диэлектрике свободных электрически заряженных частиц. Каждое вещество состоит из молекул, обладающих различными электромагнитными свойствами. Эти молекулы легко себе представить в виде овалов с положительным и отрицательным зарядом на противоположных концах. Кроме молекул, в веществе находятся свободные заряды, ионы и электроны. Когда электрическое напряжение отсутствует, диполи ориентированы хаотично и ионы не двигаются. Под воздействием электромагнитного поля диполи начинают вращаться, а ионы перемещаться в направлении поля. Если поменять направление поля, диполи начинают вращаться в другую сторону, и ионы тоже изменяют направление движения. Такая быстрая и часто повторяющаяся смена направления поля приводит к трению между частицами и, следовательно, к выделению тепловой энергии. Этот метод возможен только для нагрева твердых или жидких материалов, газообразные вещества не могут быть нагреты с помощью диэлектрического нагрева, т.к. между молекулами газа имеются значительные расстояния. Из всего вышесказанного ясно, что материалы в твердой и жидкой форме подвергаются нагреву, т.к. их молекулы находятся в близком контакте друг

с другом, и поэтому может возникнуть трение. Выделяющаяся удельная мощность пропорциональна напряженности (E) и частоте (f) электрического поля, а также диэлектрической проницаемости (ε) и тангенсу угла потерь (tg δ) диэлектрика. Удельные диэлектрические потери, т.е. мощность, выделяемая в 1 м³ древесины под воздействием электрического поля, определяется формулой:

$$P = 5,55 \cdot 10^{-11} \cdot f \cdot \epsilon \cdot \text{tg} \delta \cdot E^2$$

Произведение диэлектрической проницаемости (ε) к тангенсу угла потерь (tg δ) называется коэффициентом диэлектрических потерь диэлектрика. Коэффициент диэлектрических потерь древесины зависит от частоты электрического поля, влажности и температуры древесины (см. рис. 1).

При высоких частотах (ВЧ) 0,3–300 МГц диэлектрический нагрев осуществляется в поле конденсатора (источник энергии – ламповые генераторы), при сверхвысоких частотах (СВЧ) – в поле объемного резонатора или излучателя (источник – магнетроны или клистроны). Достоинства установок диэлектрического нагрева: высокая скорость нагрева; равномерный нагрев материалов с низкой теплопроводностью; осуществление местного и избирательного нагрева и др. Области применения диэлектрического нагрева – сушка материалов (древесины, бумаги, керамики и др.), нагрев пластмасс перед прессованием, сварка пластмасс, склеивание древесины и т.д.

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СУШКА ДРЕВСИНЫ

Диэлектрическая сушка древесины осуществляется на высоких и сверхвысоких частотах. Для радиоэлектронных устройств, предназначенных для использования в промышленности и народном хозяйстве, выделены следующие диапазоны частот:

- ВЧ 13 МГц, 26 МГц, 30 МГц
- СВЧ 433 МГц, 915 МГц, 2450 МГц.

При ВЧ сушке древесины штабель пиломатериалов размещается между электродными пластинами. К электродным пластинам от ВЧ генератора подводится переменное высокочастотное электрическое напряжение (см. рис. 2).

При СВЧ сушке древесины СВЧ энергия в камеру с пиломатериалами подводится волноводными трактами. (Волноводы – полые трубы прямоугольного или круглого сечения.) Наибольшее распространение в качестве источника СВЧ энергии получили магнетроны. Относительная простота конструкции, малые размеры и высокий КПД делают их наиболее

Рис. 1. Коэффициенты диэлектрических потерь березовой древесины при частоте 915 МГц.

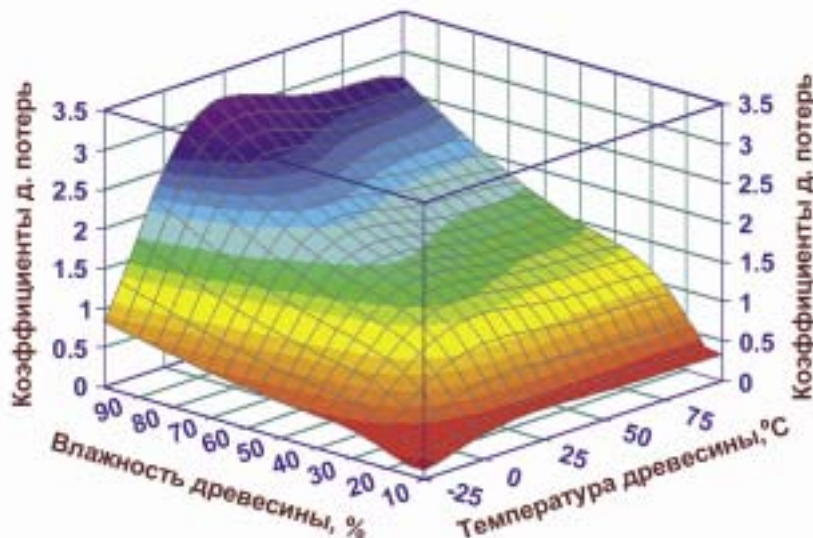


Рис. 2. Схема высокочастотной сушилки древесины.

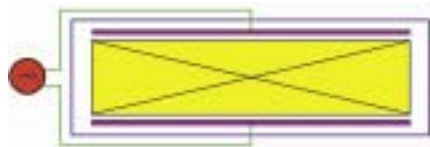
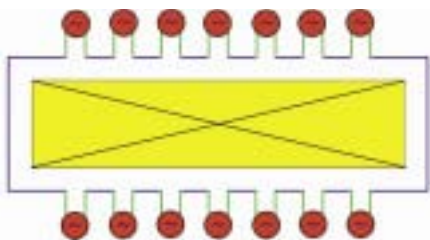


Рис. 3. Схема СВЧ сушилки с несколькими магнетронами.



пригодными для использования во многих областях СВЧ энергетики. СВЧ сушильные камеры комплектуются с одним СВЧ источником (рис. 4) или с несколькими СВЧ источниками (рис. 3).

ОСОБЕННОСТИ НАГРЕВА ДИЭЛЕКТРИКОВ В ДИАПАЗОНАХ ВЧ И СВЧ

В подавляющем большинстве случаев нагрев физических тел производится путем передачи тепла снаружи внутрь за счет теплопроводности.

На СВЧ при рациональном подборе частоты колебаний и параметров камер, где происходит преобразование СВЧ энергии в тепловую, можно получить относительно равномерное выделение тепла по объему тела. Эффективность преобразования энергии электрического поля в тепло возрастает прямо пропорционально частоте колебаний и квадрату напряженности электрического поля. Однако с увеличением частоты электромагнитных колебаний уменьшается глубина проникновения последних в обрабатываемый материал.

Важное преимущество СВЧ нагрева – тепловая безинерционность, т.е. возможность практически мгновенного включения и выключения теплового воздействия на обрабатываемый материал. Отсюда высокая точность регулировки процесса нагрева и его

Рис. 4. Схема СВЧ установки с одним источником.

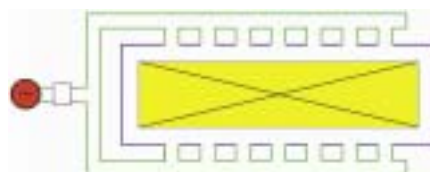
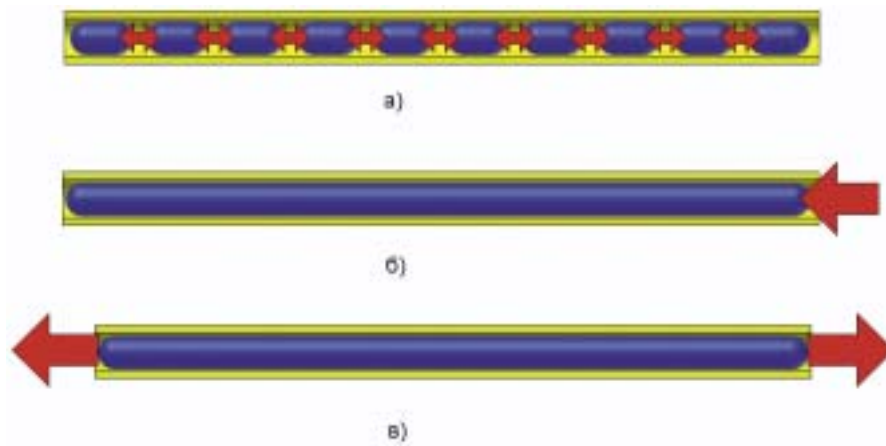


Рис. 5. Схематическое изображение движения влаги по капиллярам.



а) при диэлектрической сушке древесины; б) при пневматическом способе обезвоживания; в) при вакуумной сушке древесины.

воспроизводимость.

Достоинством СВЧ нагрева является также принципиально высокий КПД преобразования СВЧ энергии в тепловую, выделяемую в объеме нагреваемых тел. Значение этого КПД близко к 100%. Тепловые потери в подводящих трактах обычно невелики, и стенки волноводов и рабочих камер остаются практически холодными, что создает комфортные условия для обслуживающего персонала.

Важным преимуществом СВЧ нагрева является возможность осуществления и практического применения новых необычных видов нагрева, например, избирательного, равномерного, сверхчистого, саморегулирующегося.

Равномерный объемный нагрев. Обычно передача тепла осуществляется за счет конвекции, теплопроводности и излучения. Отсюда неизбежен температурный градиент (перепад) от поверхности в глубину материала, причем тем больший, чем меньше теплопроводность. Уменьшить или почти устранить большой градиент температур можно за счет увеличения времени обработки. Во многих случаях только за счет медленного нагрева удается избежать перегрева поверхностных слоев обрабатываемого материала. С помощью СВЧ энергии можно не только равномерно нагревать диэлектрик по его объему, но и получать по желанию любое заданное распределение температур. Поэтому при СВЧ нагреве открываются возможности многократного ускорения ряда технологических процессов.

Избирательный саморегулирующийся нагрев. При нагреве для целей сушки качество получаемого материала существенно улучшается за счет того, что нагрев высушенных мест автоматически прекращается.

Объясняется это тем, что тангенс угла диэлектрических потерь таких материалов, как, например, дерево, прямо пропорционален влажности. Поэтому с уменьшением влажности в процессе сушки потери СВЧ энергии уменьшаются, а нагрев продолжается только в тех участках обрабатываемого материала, где еще сохранилась повышенная влажность.

При СВЧ сушке древесины основной движущей силой влаги является избыточное давление, которое образуется при испарении этой же влаги. Расход жидкости через капилляр древесины при описании течения жидкости уравнением Пуазейля равен:

$$Q = \frac{\pi r^4 \Delta p}{8 \mu l}$$

где r – радиус капилляра, Δp – разность давления на концах капилляра, μ – вязкость жидкости, l – длина капилляра.

Исследованиями установлено, что в пределах скоростей 0–8 см/с фильтрационный поток имеет ламинарный режим. При скоростях более 8 см/с режим ламинарного движения переходит в турбулентный режим, и сопротивление капилляра резко повышается. Поэтому дальнейшее повышение избыточного давления не приводит к увеличению расхода жидкости через капилляр. Размеры капилляров в древесине колеблются от 10^{-5} до 10^{-8} см. Согласно формуле 2, при условии, что расход жидкости останется постоянным, при уменьшении размера капилляра в 2 раза давление должно вырасти в 16 раз. Как известно, в результате исследования установлено, что удаление влаги созданием избыточного давления на одном торце древесины возможно при давлении 0,8 МПа

(8 атм.) С повышением перепада давлений количество удаляемой влаги возрастает. Экспериментально получено максимальное снижение влажности образцов длиной 0,2 м до 10% при начальной влажности 80% и давлении 2,5 МПа (25 атм.). Анализ результатов экспериментальных исследований показал, что достигнута малая эффективность пневматического способа обезвоживания.

Как мы уже говорили, при СВЧ сушке древесины основной движущей силой влаги является избыточное давление. Но избыточное давление в этом случае образуется по всему капилляру (предположим, между каплями влаги – рис. 5 а). Согласно формуле 2, при объемном нагреве l стремится к нулю. Значит, для движения достаточно небольшое избыточное давление. Это и является главным преимуществом диэлектрической сушки перед другими видами сушки. Влага по стволу древесины поднимается по капиллярам за счет капиллярного давления – всего 70 Па. Например, в жаркий летний день от корней к испаряющей поверхности листьев на высоту 20, 30 или даже 100 м может пройти 200 л воды или даже больше. Дерево, которое испаряет больше всех известных деревьев – плакучая ива. Одно взрослое хорошо развитое дерево ивы может испарять около 19000 литров воды в день. Таким образом, грамотно создавая небольшое давление, можно высушить древесину быстро и качественно. На рисунке 5 б) схематично показано пневматическое обезвоживание, которое мы рассмотрели выше, а на рис. 5 в) – сушка древесины вакуумным способом. Так как при вакууме избыточное максимальное давление составляет всего до 0,09 МПа (0,9 атм.), вытягивание воды из капилляров исключается, а сушка идет в основном за счет увеличения диффузии пара в пространство. При давлении 0,01 МПа диффузия увеличивается в 19 раз.

Древесину можно качественно и быстро высушить при избыточном давлении 0,1 МПа (1 атм.), и при этом температура внутри древесины не превысит 120°C. Многие деревообработчики боятся высокотемпературной сушки. Причиной тому образование коллапса при конвективной высокотемпературной сушке. Коллапс древесины происходит при конвективной сушке древесины высокотемпературным, жестким режимом. Это явление объясняется следующим образом: во влажном пиломатериале поры

древесины заполнены влагой; когда поры за счет большого градиента влажности быстро освобождается от влаги, то последняя должна заменяться воздухом, но вследствие большой влажности окружающей ткани доступ воздуха в образовавшиеся пустоты затруднен. Происходит сближение стенок между собой под действием вакуума; клетки сжимаются (сморщиваются), как сжимается эластичный сосуд, из которого выливается вода без впуска в сосуд воздуха. За счет высокой температуры сокращается срок сушки. Но уменьшение сроков сушки пагубно влияет на качество пиломатериалов. Образуются внутренние трещины, происходит изменение цвета, пиломатериал теряет прочность, при обработке фрезерным станком образуются сколы, трещины и раковины.

При диэлектрической сушке коллапсу противостоит избыточное давление внутри древесины; образованию трещин из-за большого градиента влажности противостоит объемный избирательный нагрев; потери прочности противостоит короткое время сушки. Но наряду с недостатками есть и большие преимущества высокотемпературной сушки.

ПРЕИМУЩЕСТВА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ

На основании опытов, проведенных в институте технологии древесины и материалов волокнистого строения, ученые Германии пришли к выводу, что древесину, высушенную высокотемпературной сушкой, можно рассматривать как равноценную по показателям прочности. Во многих научных статьях некоторые авторитетные ученые предлагают производить термообработку древесины при температуре до 180 °C с целью гидрофобизации древесины и повышения ее прочностных характеристик. Оказывается, влагопоглощение древесиной, высушенной при разных температурах, неодинаково. Древесина, высушенная при разных температурах, при выдерживании в одинаковых температурно-влажностных условиях стабилизируется при разном влагосодержании. Например, у двух совершенно идентичных брусков дерева, высушенных соответственно низкотемпературной и высокотемпературной сушкой (все-го до 120 °C) до одинаковой конечной влажности, при выдерживании в воздухе с относительной влажностью 85% стабилизация наступает при влагосодержании соответственно

19,5% и 13,7%. Но хорошо известно, что рабочие температуры в сушильных камерах финских фирм Tekmo Wood и Arboreo – от 180 до 230°C. При этих температурах изменяются химические свойства древесины (пластификация): ее устойчививость по отношению к различным физическим, химическим и биологическим воздействиям заметно увеличивается, а кроме того, сам материал приобретает несвойственную ему тропическую окраску по всему объему. При этом используется только тепловая энергия, пар и свежая вода – и никаких химикатов.

ОБОРУДОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СУШКИ

Высокочастотная сушка (ВЧ) древесины.

В высокочастотной сушке применяются ВЧ ламповые генераторы и электродные пластины. Из-за громоздкости и сложности настройки ВЧ генераторов в процессе сушки древесины их применение в последние годы прекратилось.

СВЧ сушка древесины.

Как мы говорили выше, СВЧ сушильные камеры комплектуются с одним СВЧ источником или с несколькими СВЧ источниками. Если в первом варианте применяются мощные промышленные магнетроны с рабочей частотой 433 и 915 МГц, с мощностью 25–100 кВт, то во втором варианте в качестве источника СВЧ энергии используются маломощные магнетроны от бытовых СВЧ печей, работающие на частоте 2450 МГц с мощностью 0,6–0,8 кВт. При применении источников большой мощности после магнетрона устанавливается циркулятор или согласующие устройства. При подаче СВЧ энергии в сушильную камеру часть энергии поглощается древесиной, а вторая часть, отражаясь от камеры, возвращается к магнетрону. Эта отраженная волна оказывает вредное влияние на магнетрон: снижается его мощность и уменьшается срок службы. Используя согласующее устройство, отраженную волну возвращают обратно в камеру. При использовании циркулятора отраженная энергия направляется специальной нагрузке и этой нагрузкой поглощается. В камерах, где в качестве источника применяются несколько бытовых магнетронов с рабочей частотой 2450 МГц, согласующие устройства, циркуляторы не применяются, и отраженная энергия попадает обратно в магнетрон; он нагревается. Поэтому срок службы магнетронов очень короток. Кроме того, данные

магнетроны предназначены для работы в течение короткого времени. И еще одним крупным недостатком магнетронов с частотой 2450 МГц является малая глубина проникновения электромагнитных волн в древесину. Глубина проникновения волн при этой частоте составляет всего 10 см, и поверхность древесины сильно нагревается. Для сравнения – при частоте 915 МГц и 433 МГц глубина проникновения равна соответственно 35 см и 70 см. По этой причине автор считает частоту 2450 МГц неприемлемой для сушки пакета пиломатериалов.

Что же представляют собой промышленные источники СВЧ энергии? СВЧ источник российского производства с мощностью 50 кВт и с частотой 915 МГц состоит из источника питания, генераторного блока и блока управления. Размеры и вес соответственно 1400х800х1150 мм, 720 кг; 930х495х773 мм, 350 кг; 500х530х280 мм, 12 кг. СВЧ камера на базе вышеуказанного источника может за сутки высушить 5–6 м³ сосновых пиломатериалов от начальной влажности 80% до конечной влажности 10%. Камера для вытяжки оснащается вентилятором 1,5 кВт, в качестве вспомогательного оборудования применяются система охлаждения

магнетрона с мощностью 1,2 кВт и компрессор с мощностью 1,5 кВт. Общая потребляемая мощность для подключения СВЧ камеры составляет 80 кВт. Общая масса камеры – не более 5 тонн. Габаритные размеры камеры – 2500х2500х10000 мм. Для работы СВЧ камеры требуется только трехфазная электроэнергия. Ориентировочная стоимость камеры – \$ 70 тыс. (Для справки: промышленные СВЧ источники с частотой 915 МГц и мощностью 50 кВт российского производства стоят \$ 30–35 тыс. Такие же источники немецкого производства стоят 56 тыс. евро. В комплект немецких источников входит циркулятор.)

Источники (магнетрон + трансформатор), применяемые в бытовых СВЧ печах, стоят около \$ 100. СВЧ камеры на основе таких источников стоят около \$ 10–15 тыс. Но сушильные камеры на СВЧ источниках с рабочей частотой 2450 МГц сушат древесину неравномерно и с большими энергетическими затратами. СВЧ сушильные установки, работающие на частоте 2450 МГц, являются хорошей «пищей» для критиков СВЧ сушки древесины, и у потребителей создается стойкое негативное отношение к такому оборудованию.

КАКИЕ ПОРОДЫ КАКИМ СВЧ СПОСОБОМ СУШИТЬ?

СВЧ способом выгодно сушить массивную древесину (пиломатериалы толщиной более 50 мм, брус и оцилиндрованные бревна), трудносохнущие породы (дуб, лиственница). Что касается СВЧ конвейерной сушки – СВЧ конвейерным способом можно сушить только те породы, которые имеют большую проницаемость вдоль волокон (береза, бук, осина), а длина заготовок не должна превышать 1,5 м. При конвейерной СВЧ сушки древесины до 50% свободной влаги выделяется в жидкой фазе. И ни в коем случае нельзя сушить конвейерным способом такие породы, как дуб и лиственница, и тем более – заготовки длиной 6 м. Трудно назвать конвейером те СВЧ установки, после которых пиломатериал необходимо выдерживать более часа, и при этом количество проходов (более 10) и равномерность влажности высушенного пиломатериала не соответствует ГОСТу.

Результаты многочисленных исследований рекомендуют сушить древесину диэлектрическим нагревом с удельной мощностью 5–15 кВт/м³. ■



WWW.EKODREV.RU



ТЕПЛОВЕНТИЛЯТОРЫ
МОЩНОСТЬ 0,1 - 0,4 МВт.
ТОПЛИВО: ОПИЛКИ,
СТРУЖКА, ЩЕПА И Т. Д.



СУШИЛЬНЫЕ КАМЕРЫ
ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ
ЗАГРУЗКА 10 - 100 М³



КОТЛЫ
МОЩНОСТЬ 0,1 - 1,6 МВт.
ТОПЛИВО: ОПИЛКИ,
СТРУЖКА, ЩЕПА И Т. Д.

УГОЛЬНЫЙ БРИКЕТ
СУШИЛЬНЫЕ КАМЕРЫ
ЛИНИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТОПЛИВНЫХ ГРАНУЛ
КОТЛЫ И ТЕПЛОВЕНТИЛЯТОРЫ НА ДЕРЕВООТХОДАХ

г. Тверь, пр-т 50 лет Октября, д. 3, оф. 233
т./факс: (0822) 42-81-12, 42-81-14 e-mail: ekodrev@bk.ru