

УДК 674.047

## АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ

О.А. КИЗИНА, канд. техн. наук, доц. А.Л. АДАМОВИЧ, канд. техн. наук, доц. Ю.Г. ГРОЗБЕРГ  
(Полоцкий государственный университет)

*Представлены наиболее распространенные традиционные и современные методы сушки древесины. Для каждого из описанных методов указаны принцип действия, особенности практической реализации, преимущества и недостатки, способы повышения равномерности сушки. Отдельно исследован и проанализирован метод сушки древесины энергией электромагнитного поля сверхвысокой частоты. Выделены основные фундаментальные и прикладные проблемы, решение которых необходимо для успешного применения на практике данного метода. Указан возможный способ получения равномерного распределения сверхвысокочастотного поля в технологической зоне лесосушильной камеры. Приведен сравнительный анализ разнотипных лесосушильных установок по наиболее значимым критериям.*

**Введение.** Древесина – один из наиболее востребованных конструкционных материалов, служит сырьем для производства различных видов мебели, заготовок паркета, упаковочной тары и других видов изделий. Неотъемлемой частью технологии переработки древесины является операция сушки. Сравнительный анализ распространенных технологий сушки древесины показывает, что большинство традиционно применяемых методов не обеспечивают в должной мере требуемое качество конечной продукции и характеризуются высокой продолжительностью процесса сушки. Причинами являются неравномерность сушки, растрескивание и коробление обрабатываемой древесины в процессе сушки. Этот факт обуславливает необходимость разработки новых способов сушки древесины, позволяющих повысить качество высушенного материала и интенсифицировать процесс, сократив время сушки и энергопотребление установок.

Цель данной работы – рассмотреть промышленные методы сушки древесины, изучить преимущества и недостатки данных методов; на основе анализа технико-экономических показателей реальных сушильных установок определить метод и оборудование для сушки древесины, наиболее эффективные в реальных условиях.

**Анализ способов сушки древесины.** В деревообрабатывающей промышленности применяют различные способы сушки древесины: атмосферную; аэродинамическую; контактную; сушку в жидкостях (например, в петролатуме); в поле токов высокой частоты (ТВЧ); индукционную; ротационную; ультразвуковую; инфракрасную; конденсационную; конвективную; вакуумную; в сверхвысокочастотном поле (СВЧ-сушка) [1, с. 5 – 7; 2; 3].

При **атмосферной сушке** древесины лесоматериалы укладываются в штабели и сушатся либо на открытом воздухе, либо в неотапливаемых помещениях, под навесами, на открытых складах [1, с. 5 – 7]. Данный метод широко используют для подсушки экспортных пиломатериалов на заводах с сезонной отгрузкой продукции [1, с. 5 – 7]. *Преимущества* атмосферной сушки заключаются в отсутствии необходимости применения дорогого и сложного технологического оборудования. *Недостатками* атмосферной сушки древесины являются: низкая скорость сушки; необходимость использовать большие объемы древесины и большие производственные площади; необходимость располагать высушиваемые штабели в соответствии с преимущественным направлением ветра; неуправляемость процесса сушки и зависимость параметров процесса от погодных и климатических условий [4], а также то, что конечная влажность древесины составляет не менее 22 %, что делает целесообразным применение данного метода лишь в качестве этапа, предшествующего основной сушке древесины в камере [1, с. 5 – 7].

**Аэродинамическая сушка** древесины реализуется в закрытых аэродинамических камерах. Удаление влаги из древесины осуществляется конвективным способом. Однако воздух нагревается за счет аэродинамических потерь при вращении ротора центробежного вентилятора с лопатками специального профиля. Нагретый воздух передает свою теплоту высушиваемому материалу при высокой скорости циркуляции [1, с. 5 – 7]. Температура сушки регулируется изменением производительности ротора, соответственно, изменяется величина аэродинамических потерь и мощность, отбираемая от электропривода ротора [2]. *Преимущества* аэродинамической сушки древесины заключаются: в необходимости подвода только электрической энергии; в простоте технологического процесса; высокой надежности сушильного оборудования, возможности достичь влажности высушенной древесины порядка 7...8 %. *Недостатки* – большие затраты электроэнергии на сушку [5].

**Контактная сушка** – тонкие плоские материалы в форме листов зажимаются между двумя нагретыми поверхностями в прессе; тепло к высушенному материалу передается от нагретой плиты путем непосредственного их контакта [1, с. 5 – 7]. *Преимущество* данной технологии сушки заключается в устранении коробления и растрескивания высушиваемого материала за счет зажатия в прессе, в высокой ин-

тенсивности сушки за счет использования кондуктивного механизма теплопроводности. *Недостаток* контактной сушки состоит в ограничении вида, формы и толщины высушиваемых материалов.

**Сушка в жидкостях** (например, в петролатуме) заключается в следующем. Влажную древесину погружают в ванну с маслянистым веществом, нагретым выше 100 °С. Влага в древесине быстро нагревается до точки кипения, и образовавшийся пар, имеющий упругость выше атмосферного давления, будет стремиться выйти из древесины в воздух, преодолевая сопротивление слоя масла. На этом основан способ сушки древесины в ваннах с петролатумом (смесь парафинов и церезинов с высоковязким очищенным маслом; получается при химической переработке нефти) [1, с. 6]. *Преимущества* – при температуре петролатума 120...130 °С сушка происходит в 5...7 раз быстрее, чем в сушильных камерах [1, с. 6]; пропитанный маслом слой защищает древесину от дальнейшего увлажнения. Существенный *недостаток* данного способа – петролатум проникает в древесину, затрудняя ее механическую обработку и препятствуя ее склеиванию и качественной отделке лаками [1, с. 6]. Вследствие последнего обстоятельства петролатумная сушка применяется только на небольших предприятиях для сортиментов, не подвергающихся дальнейшей механической обработке (шпалы, детали инженерных сооружений) [1, с. 6].

**Сушка в поле токов высокой частоты (ТВЧ)** – высушиваемые лесоматериалы помещаются в электрическое поле ТВЧ между обкладками высокочастотного конденсатора. Нагрев древесины осуществляется за счет диэлектрических потерь. *Преимущества* сушки древесины в поле ТВЧ – высокие скорость и интенсивность сушки. *Недостатки* – необходимость применения сложного технологического оборудования, наиболее высокие затраты электроэнергии на сушку по сравнению с другими методами [1, с. 7].

Процесс **индукционной сушки** древесины заключается в следующем: штабель пиломатериалов с уложенными между рядами досок ферромагнитными элементами помещают в электромагнитное поле промышленной частоты, образованное во внешнем индукторе-соленоиде [2]. Ферромагнитные элементы нагреваются и передают тепло древесине [2]. *Преимущества* – сокращение времени сушки более чем в 2 раза по сравнению с конвективной сушкой. *Недостатки* – невысокое качество высушенного материала, связанное с большой неравномерностью нагрева, местными перегревами, большими внутренними напряжениями; высокая себестоимость сушильного оборудования [2].

**Ротационная сушка** древесины основана на использовании центробежной силы. Штабель пиломатериалов, уложенных на прокладках, устанавливается на платформе карусели, устроенной внутри отопляемого помещения. При вращении карусели центробежная сила, направленная вдоль досок, способствует перемещению свободной влаги внутри древесины к торцам и наружным поверхностям досок. *Преимущества* ротационной сушки заключаются в увеличении скорости и равномерности высыхания пиломатериалов по сравнению с другими камерными методами сушки. Однако *недостаток* данного метода – громоздкость конструкции и неудобство блокировки – привел к тому, что на данный момент карусельные сушильные камеры в промышленности не применяются [1, с. 7].

**Ультразвуковая сушка** древесины. При сушке древесины ультразвуковыми волнами содержащаяся в древесине влага удаляется в виде жидкости за счет явления кавитации [6]. *Преимущества* – повышение качества высушенных пиломатериалов; уничтожение ряда грибков в древесине; повышение стойкости высушенной древесины к гниению; уменьшение в несколько раз энергозатрат на сушку и увеличение производительности оборудования. *Недостатки* – снизить влажность высушиваемой древесины удается лишь до 40...45 % [6, с. 2].

**Инфракрасная сушка** древесины основана на свойстве материалов нагреваться под действием инфракрасного излучения. *Преимущества* – возможность осуществления избирательного глубинного или поверхностного нагрева облучаемого материала. *Недостатки* – низкая степень проникновения инфракрасных волн в древесину [2].

**Конденсационная сушка** древесины осуществляется в закрытых камерах. Древесина укладывается в штабели, между рядами досок располагаются полые металлические (чаще алюминиевые) пластины, внутри которых циркулирует горячая вода. Испаряемая из древесины влага конденсируется на специальных охладителях и стекает в канализацию. *Преимущества* – малые затраты электроэнергии на сушку. *Недостатки* – данный способ сушки не может применяться для сушки ценных пород древесины, характеризуется высокой стоимостью сушильного оборудования, увеличением срока сушки древесины в 1,5...2 раза по сравнению с конвективной сушкой [5].

**Конвективная сушка** древесины производится в закрытых камерах, высушиваемая древесина укладывается в штабели, перемежаясь со специальными прокладками, что обеспечивает циркуляцию теплоносителя между рядами досок. Процесс сушки включает в себя три стадии: нагрев древесины, непосредственно сушку и кондиционирование, охлаждение. В качестве теплоносителя могут применяться горячая вода, перегретый водяной пар, нагретый воздух или топочные газы – побочные продукты переработки нефти. В качестве нагревателя обычно используются калориферы [7]. Согласно опытным данным непосредственно на испарение влаги из древесины расходуется от 9 до 30 % получаемого тепла [8]. Температура теплоносителя должна быть выше 100 °С. Регулирование равномерности высыхания древесины

осуществляется за счет изменения скорости циркуляции сушильного агента [7]. Для обеспечения более равномерной сушки древесины необходимо проводить ее дополнительную пропарку [7]. К *преимуществам* конвективной сушки древесины можно отнести относительные простоту и невысокую стоимость технологического оборудования. *Недостатки* данного способа включают в себя: высокую продолжительность процесса сушки; выброс в атмосферу древесной лимфы, содержащей различные органические и неорганические кислоты; сравнительно низкое качество конечного продукта; загрязнение древесины частицами газообразного теплоносителя и др. [2; 9].

**Вакуумная сушка** древесины проходит при пониженном атмосферном давлении, что снижает температуру кипения воды и позволяет реализовать в сушильной камере мягкий (щадящий) режим сушки. *Преимущества* – обеспечение практически полного отсутствия в древесине микротрещин, т.е. высокого качества конечного продукта [8]. *Недостатки* – небольшие объемы загрузки камеры, высокая стоимость и сложность технологического оборудования.

**Сверхвысокочастотная (СВЧ) сушка** древесины основана на проникновении энергии электромагнитного поля сверхвысокой частоты в облучаемый материал и преобразовании ее в тепловую [10]. Вследствие высокой начальной влажности материала древесина хорошо поглощает электромагнитное излучение СВЧ-диапазона. Взаимодействие свободной и связанной влаги в древесине и энергии СВЧ-поля приводит к быстрому объемному разогреву древесины. Формируемое при этом распределение температуры внутри материала создает наиболее благоприятные условия для ускорения диффузии пара из внутренних слоев древесины к периферийным. Как следствие, уменьшаются энергетические затраты на осуществление процесса, сокращается его продолжительность [2]. Для промышленного использования выделены следующие диапазоны частот: 435, 915, 2450 МГц. Для сушки больших объемов древесины принято использовать частоты 435 и 915 МГц. Источники СВЧ-волн с рабочей частотой 2450 МГц находят применение в основном для сушки тонких пиломатериалов вследствие малой глубины проникновения в высушиваемый материал [11]. Данный способ сушки пригоден для сушки бревен, клееного бруса, пиловочного материала любых, в том числе и ценных пород древесины, качественная сушка которых другими способами затруднена или невозможна [12]. Время сушки при этом для оцилиндрованных бревен из лиственницы сокращается в 50 раз по сравнению с конвективной сушкой [12]. Удаление части влаги в виде пара через свободную от влаги капиллярную систему древесины обеспечивает ее внутреннее пропаривание, т.е. режим влаготепловой обработки, при которой происходит снятие остаточных напряжений, а следовательно, уменьшается проявление внутренних и внешних повреждений в пиломатериале, улучшается качество получаемой продукции. Способ позволяет с максимально возможной скоростью высушить пиломатериалы без дефекта [12]. *Основные преимущества* СВЧ-сушки – высокая степень поглощения влажной древесиной энергии поля; высокая концентрация энергии в единице объема высушиваемой древесины при сравнительно малых значениях напряженности электрического поля и, соответственно, быстрый объемный нагрев продукта; возможность практически мгновенно подвести и выделить в единице объема древесины мощность, не доступную ни одному из традиционных способов подвода энергии; осуществление бесконтактного, избирательного и саморегулируемого нагрева [3]; экологическая чистота процесса за счет отсутствия вредных выбросов в атмосферу; возможность простой механизации и автоматизации процесса сушки; значительное сокращение технологического времени для создания конечного продукта; сокращение энергетических затрат; повышение качества конечного продукта с параллельным проведением фитосанитарной обработки древесины [11]. *Недостатки* СВЧ-сушки древесины – высокая стоимость технологического оборудования, трудность получения равномерного распределения сверхвысокочастотного поля в технологической зоне камеры.

Для реализации преимуществ СВЧ-сушки древесины на практике в реальных сушильных установках необходимо проводить научные исследования, направленные на решение следующих фундаментальных проблем и прикладных задач [11]:

- 1) исследование способов формирования однородного СВЧ-поля в открытых и закрытых резонаторах сложной геометрической формы, заполненных различными средами;
- 2) исследование влияния СВЧ-полей на электромагнитные и физические параметры сред;
- 3) исследование взаимозависимости тепловых и электромагнитных полей и их влияния на материальные среды;
- 4) оптимизация антенн, излучающих систем и их элементов в приложении к микроволновым технологическим установкам. Например, для получения равномерного распределения СВЧ-поля в технологической зоне лесосушильной камеры возможно применение в качестве облучателей специальных конфигураций волноводно-щелевых антенн и антенных решеток, выполняемых на прямоугольных волноводах стандартного сечения и позволяющих получить плоский фронт СВЧ-волны [13].

По типу действия СВЧ-установки для сушки древесины делятся на непрерывные (конвейерные), периодического типа и комбинированные. По конструктивным признакам (по типу облучателя) различают СВЧ-лесосушильные установки резонаторного и волноводного типа [14, с. 104, 110]. Сушилки ре-

зонаторного типа периодического действия целесообразно использовать для экстренной сушки небольших объемов твердых и ценных пород древесины [3]; СВЧ-конвейерные установки предназначены в основном для сушки короткомерных мебельных и паркетных заготовок [10]. В целом для сушки штабелей древесины предпочтительнее использовать СВЧ-установки волноводного типа [14, с. 110].

Однако, как показывают результаты исследований за последние годы, несмотря на преимущества СВЧ-сушки по сравнению с другими способами, получить высокое качество сушки древесины на практике возможно только совмещая СВЧ-нагрев с конвекционным нагревом или с вакуумированием [3].

**Анализ оборудования для сушки древесины.** Приведем примеры реальных установок для сушки древесины и затем сравним их по основным технико-экономическим показателям.

1. Модельный ряд лесосушительных камер КРЭС, разработанный группой ученых Белорусского государственного университета. Установки реализуют комбинированный способ сушки древесины, основой которого является диэлектрический нагрев материала СВЧ-полем в сочетании с конвективной сушкой. Процесс сушки контролируется при помощи автоматического оборудования, управляемого оператором. В состав лесосушительных камер КРЭС входят: рабочая камера, микроволновые модули, тепловентиляторы и пульт управления. Лесосушительные камеры характеризуются малым энергопотреблением, высокой надежностью, короткими сроками окупаемости, высоким качеством сушки, мобильностью, а также упрочнением древесины в процессе сушки до 60 % [15].

2. Малогабаритная волноводная СВЧ-установка для сушки леса модели «МС-2» [16] комбинированного типа. Авторы и производитель – специалисты ОАО «КОДОС Станкоагрегат» (Россия).

3. Комбинированные конвективно-сверхвысокочастотные лесосушительные установки серии КСВЧ. Производитель – ООО «Микротехсервис» (Харьков, Украина). Установки предназначены для сушки любых пород древесины. Управление установкой полностью автоматическое [17]. Рабочий диапазон температур установки от плюс 10 до плюс 50 °С.

4. Аэродинамические лесосушительные камеры модельного ряда КСА. Производитель – ООО «ТАИОР» (Брянск, Россия). Управление процессом сушки автоматизированное [18].

5. Конвективные лесосушительные камеры модельного ряда Global kilns с принудительной циркуляцией сушильного агента от специалистов северо-западного представительства компании «Global edge». Процесс сушки контролируется цифровой микропроцессорной системой. Камеры Global kilns могут быть использованы как для сушки твердых, так и для сушки мягких пород древесины [19].

6. Комбинированные вакуумно-конвективные лесосушительные камеры для сушки ценных пород древесины (дуб, бук, венге, тик, палисандр, анегри, мореный дуб и др.) модельного ряда ГЕЛИОС-ВАКУУМ от компании «Камі. Искусство технологий» (Москва, Россия). Управление процессом сушки полностью автоматическое. Камеры могут работать на водогрейных котлах с использованием всех видов топлива [20].

7. Индукционные лесосушительные камеры косвенного нагрева СК-10, СК-15 от компании «Станко-Комплект» (Новосибирск, Россия) [21].

8. Конденсационные лесосушительные камеры серии АКС от ООО «ТОКО» (Россия, Удмуртия) с конвективным обдувом и принудительной циркуляцией сушильного агента (хладагента) по замкнутому циклу [22]; хладагент – фреон R 22.

Основные технико-экономические показатели описанных лесосушительных установок представлены в таблице.

Основные технико-экономические показатели разнотипных лесосушительных установок

Показатель	Наименование лесосушительной установки							
	КРЭС	МС-2	КСВЧ	Global kilns	ГЕЛИОС-ВАКУУМ	СК-10, СК-15	АКС	КСА
Принцип действия	СВЧ-нагрев + конвекция	СВЧ-нагрев	СВЧ-нагрев + конвекция	конвективный нагрев	вакуум + конвекция	индукционный нагрев	конденсационный + конвекция	аэродинамический нагрев
Тип работы	периодический	комбинированный	периодический	периодический	периодический	периодический	периодический	периодический
Рабочая частота, Гц	$2,45 \cdot 10^9$	$2,45 \cdot 10^9$	$2,45 \cdot 10^9$	50	–	50	50	–
Объем камеры, м <sup>3</sup>	от 1,2 до 19,6	1,6*	от 20 до 50	от 60 до 180	от 16 до 50	22; 26	от 1,3 до 3,0	–
Объем загрузки, м <sup>3</sup>	от 0,4 до 7	1,6*	от 7 до 15	от 20 до 60*****	от 4 до 16	12,5; 16,5	от 5 до 30	от 6 до 20

Окончание таблицы

Показатель	Наименование лесосушильной установки							
	КРЭС	МС-2	КСВЧ	Global kilns	ГЕЛИОС-ВАКУУМ	СК-10, СК-15	АСК	КСА
Максимальная потребляемая мощность, кВт	от 3 до 14	13	от 63 до 103	–	от 10 до 45	50, 60	от 6 до 9	от 25 до 90
Затраты электроэнергии на сушку 1 м <sup>3</sup> , кВтч	от 260 до 1400**	–	от 400 до 450	от 5 до 13	350	–	от 4,3 до 7,2	–
Начальная/конечная влажность, %	Снижение влажности от 1,5 до 8 % в сутки***	до 40/8	–	50...70/6	50/4...5, 30/5...6**	–		до 40/7...8
Продолжительность сушки условного пиломатериала при заданных уровнях влажности****	–	от 30 до 60 мин	от 5 до 6 дней	–	от 6 до 24 дней**	–	–	–
Напряжение питания, В	220/380	220/380	380	380	380	220/380	380	220/380
Масса, кг	от 500 до 2500	280	–	от 1000 до 4000	от 4000 до 17500	4000	от 200 до 260	от 4000 до 12000
Стоимость, тыс. евро	от 3 до 9	12	от 10	15	от 10	20	от 15 до 20	от 6 до 15
Срок окупаемости, лет	менее 1	–	–	3	2,5...3	4	2,5	2,5

\* – для сушки в периодическом режиме; \*\* – в зависимости от толщины и породы древесины; \*\*\* – на 1 кг испаренной влаги; \*\*\*\* – для полной разовой загрузки установки с учетом различий внутри модельного ряда; \*\*\*\*\* – доска толщиной 35 мм.

По результатам работы были сделаны следующие **выводы**:

- 1) традиционные методы сушки древесины не обеспечивают в полной мере требуемый уровень качества высушенного материала и характеризуются высокой продолжительностью процесса сушки;
- 2) по совокупности критериев наиболее перспективными методами сушки древесины являются СВЧ-сушка и комбинирование СВЧ-сушки с вакуумированием или обдувом древесины потоком горячего воздуха;
- 3) предпочтительнее использовать комбинирование СВЧ-нагрева древесины с обдувом потоком горячего воздуха, так как реализация вакуумирования повышает сложность и стоимость технологического оборудования. По типу действия более рационально использовать волноводные СВЧ- и СВЧ-конвективные лесосушильные установки;
- 4) для практической реализации преимуществ СВЧ-сушки древесины необходимо проводить: научные изыскания, направленные на разработку способов формирования однородного СВЧ-поля в открытых и закрытых резонаторах сложной геометрической формы, заполненных различными средами; исследование влияния СВЧ-полей на электромагнитные и физические параметры сред; исследование взаимозависимости тепловых и электромагнитных полей и их влияния на материальные среды, на оптимизацию антенн, излучающих систем и их элементов в приложении к микроволновым технологическим установкам.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пейч, Н.Н. Сушка древесины: учеб. для проф.-техн. училищ и подготовки рабочих на производстве / Н.Н. Пейч, Б.С. Царев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1971. – 220 с.
2. Рахманкулов, Д.Л. Применение микроволнового излучения для сушки дерева и пиломатериалов / Д.Л. Рахманкулов, С.Ю. Шавшукова, И.Н. Вихарева // Башкирский химический журнал. – 2008. – Т. 15, № 1. – С. 46 – 52.
3. Шавшукова, С.Ю. Исторические этапы развития микроволновой техники для научных исследований и промышленных процессов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 07 00 10 / С.Ю. Шавшукова; НИИ малотоннажных химических продуктов и реактивов ГОУ ВПО «Уфимск. гос. ун-т». – Уфа, 2008. – 48 с.
4. Сушка древесины / Информационное агентство «Комментатор» [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://www.because.ru/stati/build/news0000.html>. – Дата доступа: 10.01.2011.

5. Кровиков, М. Выбор сушильной камеры. Человеческий фактор / М. Кровиков // ЛесПромИнформ. – 2009. – № 1(50).
6. Сушка пиломатериалов ультразвуком / Информационно-аналитическая система лесной отрасли [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://www.rwt.ru/www.drevesina.com>. – Дата доступа: 10.01.2011.
7. Сушка древесины / Лесоматериалы в Новосибирске [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа: <http://www.novosibdom.ru/content/section/4/32/.htm>. – Дата доступа: 17.04.2009.
8. Сравнительный анализ разнотипных установок для сушки древесины / Официальный сайт Донецкого национального технического университета [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа: <http://masters.donntu.edu.ua/2003/kita/velichko/library/doc4.htm>. – Дата доступа: 26.11.2009.
9. Андрейчик, М. Сушка древесины – состояние, перспективы, проблемы / М. Андрейчик // Строительство и недвижимость [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа: <http://www.nestor.minsk.by/sn/sn0004/sn01321/.html>. – Дата доступа: 08.04.2009.
10. Гареев, Ф.Х. Проблемы и перспективы СВЧ-сушки древесины / Ф.Х. Гареев // ЛесПромИнформ. – 2004. – № 1(14). – С. 50 – 52.
11. Морозов, Г.А. Микроволновые технологии в промышленности и сельском хозяйстве: современные достижения и новые подходы / Г.А. Морозов // Материалы науч.-техн. конф. – Казань, 2000. – С. 1 – 10.
12. Гареев, Ф.Х. Сушка бревен без трещин / Ф.Х. Гареев // ЛесПромИнформ. – 2004. – № 4(17). – С. 58 – 60.
13. Галкин, В.П. Повышение эффективности использования микроволновой энергии разных рабочих частот / В.П. Галкин // Официальный сайт Донецкого национального технического университета [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа: <http://masters.donntu.edu.ua/2004/kita/sergeev/library/2.htm>. – Дата доступа: 08.04.2009.
14. Диденко, А.Н. СВЧ-энергетика: теория и практика / А.Н. Диденко; отв. ред. Я.Б. Данилевич. – М.: Наука, 2003. – 446 с.
15. Лукашевич, Ю. Сушка древесины с помощью диэлектрического нагрева / Ю. Лукашевич // Строительство и недвижимость [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа: <http://www.nestor.minsk.by/sn/articles/sn23920.html>. – Дата доступа: 17.04.2009.
16. Малогабаритная СВЧ-сушилка для леса мод. «МС-2» / Web-страница компании «КОДОС Станкоагрегат» [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа: <http://www.kodosagregat.ru/oborz/z12st4.htm>. – Дата доступа: 14.06.2010.
17. Сушильная СВЧ-установка / Каталог оборудования компании ООО «Микротехсервис» [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа: <http://mikrotehservis.com.ua/microwawe.html>. – Дата доступа: 11.06.2009.
18. Аэродинамические лесосушильные камеры. Технические характеристики / Web-сайт ООО «ТАЮР» [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: [http://www.sushkam.ru/ska\\_ksa.htm](http://www.sushkam.ru/ska_ksa.htm). – Дата доступа: 10.01.2011.
19. Сушильные камеры Global kilns. Описание и технические характеристики / Web-сайт северо-западного представительства компании Global Edge [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: [http://globaledge.spb.ru/sushilnye\\_kamery.mht](http://globaledge.spb.ru/sushilnye_kamery.mht). – Дата доступа: 10.01.2011.
20. Сушильные камеры ГЕЛИОС-ВАКУУМ-4 / Web-сайт компании «Камі. Искусство технологий» [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: [http://www.stanki.ru/dry/cat\\_1/](http://www.stanki.ru/dry/cat_1/). – Дата доступа: 12.01.2011.
21. Индукционные лесосушильные камеры косвенного нагрева СК-10, СК-15 / Web-страница компании «Станкокомплект» [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://old.stanki.info/cat.php?prodid=149&mode=1>. – Дата доступа: 12.01.2011.
22. Конденсационные лесосушильные камеры / Web-страница компании «ООО ТОКО» [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://www.tokoizh.ru/>. – Дата доступа: 12.01.2011.

Поступила 19.01.2011

## ANALYSIS OF UP-TO-DATE METHODS AND EQUIPMENT FOR WOOD DRYING

**O. KIZINA, A. ADAMOVICH, Y. GROZBERG**

*In article the most widespread traditional and modern methods of drying of wood are described. For each of the described methods the principle of action, feature of practical realization, advantage and lacks, ways of increase of uniformity of drying are specified. The method of microwave drying of wood is separately investigated and analysed, the basic fundamental and applied problems which decision is necessary for successful application in practice of a method of microwave drying of wood are allocated, the possible way of reception of uniform distribution of a microwave field in a technological zone of the chambers is specified, the comparative analysis polytypic wood drying installations by the most significant criteria is carried out.*