

УДК 630*824.875

UDC 630*824.875

ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЧ УСТАНОВОК МАЛОЙ МОЩНОСТИ ДЛЯ СУШКИ ОЦИЛИНДРОВАННЫХ БРЕВЕН

EVALUATION OF THE USAGE OF MICROWAVE INSTALLATIONS OF LOW POWER FOR CYLINDER BEAMS DRYING

Платонов Алексей Дмитриевич
д. т. н., доцент

Platonov Aleksey Dmitrievich
Dr.Sci.Tech., associate professor

Курьянова Татьяна Казимировна
к.т.н., доцент

Kuryanova Tatyana Kazimirovna
Cand.Tech.Sci, associate professor

Перегудов Владимир Иванович
соискатель

Peregudov Vladimir Ivanovich
applicant for degree

Мильцин Александр Николаевич
к. т. н., доцент
Воронежская государственная лесотехническая академия, Воронеж, Россия

Miltsin Alexandr Nikolayevich
Cand.Tech.Sci, associate professor
Voronezh State Academy of Forestry and Technologies, Voronezh, Russia

В статье представлены результаты исследования объемного нагрева оцилиндрованных бревен в СВЧ-установках малой мощности

The article shows the results of research of volume heating of cylinder beams in microwave installations of low power

Ключевые слова: ОЦИЛИНДРОВАННОЕ БРЕВНО, СВЧ-УСТАНОВКА, ПЕРЕПАД ВЛАЖНОСТИ, ТЕМПЕРАТУРА, СВЧ ГЕНЕРАТОР, ЧАСТОТА, МАГНЕТРОН

Keywords: CYLINDER BEAM, MICROWAVE INSTALLATION, HUMIDITY CHANGE, TEMPERATURE, MICROWAVE GENERATOR, FREQUENCY, MAGNETRON

В настоящее время на рынке деревянного домостроения представлено множество технологий, одной из которых является строительство деревянного дома из оцилиндрованного бревна или бруса. Для деревянного домостроения, очень актуальна сушка оцилиндрованных бревен и брусьев больших сечений. Поиски перспективных способов сушки приводятся как у нас в стране, так и за рубежом. Цель этих поисков – снижение энергозатрат на сушку 1 м³ древесины, сокращение срока сушки и сохранение высокого качества древесины.

При строительстве домов из оцилиндрованных бревен в настоящее время до 95 % бревен сушатся естественным способом на открытом воздухе (атмосферная сушка). Процесс сушки в атмосферных условиях продолжается от 1 до 2 лет, но избежать трещин при этом способе не удастся.

Использование наиболее распространенной конвективной сушки бревен и брусьев в сушильных камерах значительно сокращает продолжи-

тельность процесса, но при этом так же не удастся избежать образования трещин и ухудшения внешнего вида материала.

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 температуры можно за счет увеличения времени обработки. Во многих случаях только за счет медленного нагрева удастся избежать перегрева поверхностных слоев обрабатываемого материала [1]. 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 [2].

Конструктивно СВЧ сушильные камеры комплектуются с одним 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.

Пожалуй, самым веским аргументом неэффективности применения СВЧ генераторов работающих на частоте 2450 МГц является малая глубина проникновения электромагнитных волн в древесину 12,6 см. Для сравнения - при частоте 915 МГц и 433 МГц глубина проникновения равна соответственно 35 см и 70 см. На основании чего делается заключение об их полной непригодности.

Однако при сушке оцилиндрованных бревен, большое влияние на качество высушенного материала оказывает сама древесина. Зачастую исследователи не в полной мере учитывают особенности анизотропного строения древесины, особенности усушки бревен. И в этом аспекте, когда

требуется индивидуальный подход к каждому высушиваемому бревну, применение магнетронов малой мощности может иметь определенные преимущества. К другим несомненным достоинствам этих магнетронов является возможность работы от двухфазной сети 220 V, невысокая стоимость около 25 евро. Использование СВЧ-генераторов данной частоты разрешено во всех странах мира. Применение конструктивно простых магнетронов, существенно удешевляет эксплуатацию и возможный ремонт СВЧ-установки.

Существующие разработки СВЧ-установок, предназначенные для сушки оцилиндрованных бревен предусматривают использование дорогостоящих СВЧ-генераторов (915 и 416 МГц) около 40-50 тыс. долларов за единицу, отличающихся высокой технической сложностью, затратностью в обслуживании и эксплуатации. Высокая стоимость СВЧ-установки определяет большой срок её окупаемости. В случае выхода из строя СВЧ генератора его замена приводит к высоким материальным потерям.

Для установления возможности применения СВЧ магнетронов с рабочей частотой 2450 МГц для сушки оцилиндрованных брёвен были проведены экспериментальные исследования. Свежесрубленные деревья сосны с начальной влажностью 80-85 % были оцилиндрованы до диаметра 12-16 см.

Одной из задач эксперимента было исследование характера распределения влажностных полей в материале в зависимости от температуры нагрева и степени проникновения СВЧ волн в древесину.

На рис. 1 представлены результаты опытной сушки оцилиндрованного бревна диаметром 14 см при поддержании температуры 125 °С в центре бревна, в течение 14 часов, расположенного на оси магнетрона и при отклонении на 250 мм (рис. 2).

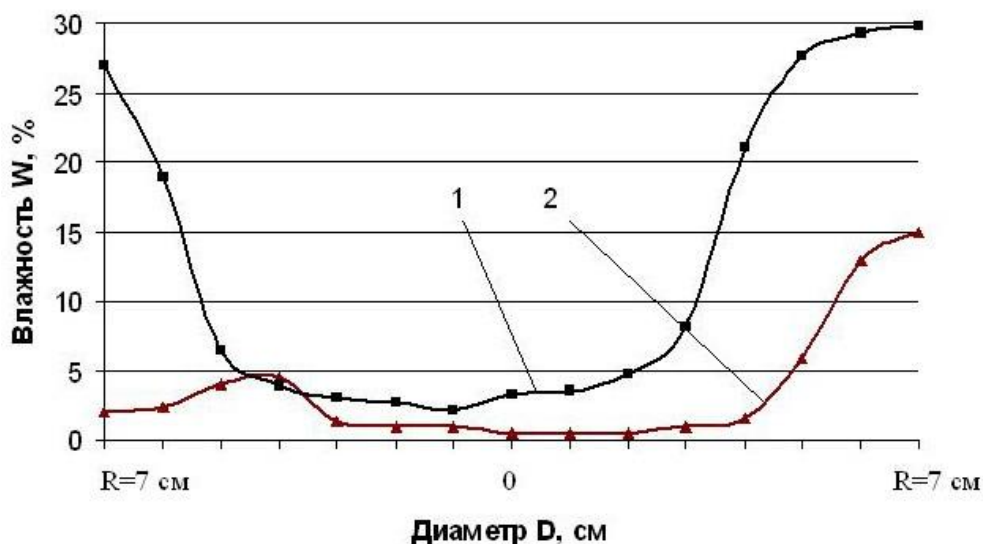


Рис. 1. Распределение влажности по радиусу бревна при одностороннем нагреве при температуре 125 °C: 1 – на расстоянии 250 мм от оси магнетрона; 2 – по оси магнетрона

Полученные результаты подтверждают возможность эффективного проникновения СВЧ энергии в древесину на глубину 11-12 см при использовании магнетронов работающих на частоте 2450 МГц (кривая 2 рис. 1). При смещении от оси магнетрона на 250 мм эффективность распространения СВЧ энергии по радиусу бревна снижается. Это хорошо видно на примере распределения влажности по радиусу бревна (кривая 1 рис. 1).

Общий вид кривой 1 (рис. 1) свидетельствует о наличии положительного градиента температуры в материале. Во внутренней части бревна аккумулируется большая часть выделяемого тепла. Причем её распределение по длине бревна имеет относительно равномерный характер. Об этом свидетельствует и примерно одинаковая величина влажности во внутренней части бревна независимо от оси излучения магнетрона на рассматриваемом участке. Тем не менее, при удалении от оси излучения магнетрона происходит заметное снижение интенсивности поглощения тепла поверхностью материала, о чем свидетельствует характер кривой 1, представленной на рисунке 1.

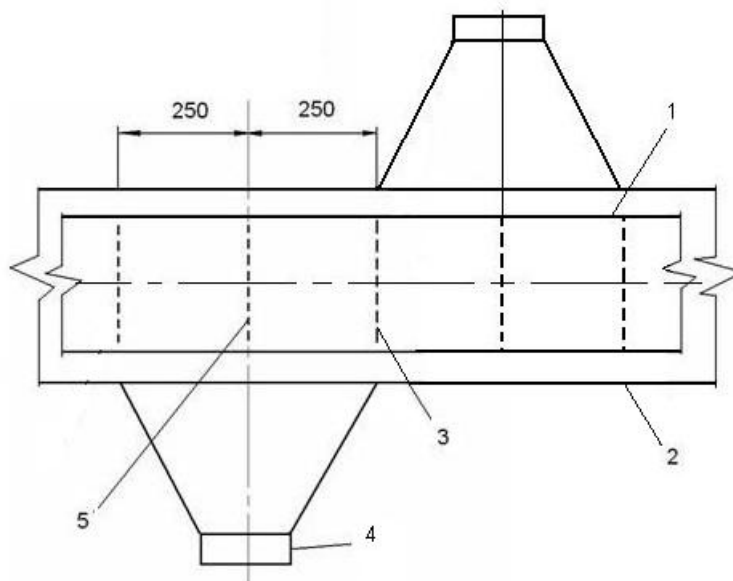


Рис. 2. Схема расположения оцилиндрованного бревна и магнетронов:
1 – оцилиндрованное бревно; 2 – ограждение сушильной установки; 3 – зона измерения влажности при отклонении от оси магнетрона; 4 – магнетрон; 5 – зона измерения влажности на оси магнетрона

Таким образом, результаты экспериментов показали принципиальную возможность применения СВЧ магнетронов малой мощности работающих на частоте 2450 МГц даже при одностороннем нагреве оцилиндрованных строительных брёвен диаметром до 12-16 см. Средняя конечная влажность древесины около 15-16 %, соответствует заданной. Однако следует отметить, что вследствие большого значения градиента температуры в материале присутствует существенный перепад влажности по сечению. Влажность внутренней зоны равна 2-4 %, а на поверхности 28-30 %. Наличие такого большого перепада влажности отрицательно сказывается на качестве высушенной древесины. Как показывает производственный опыт высушивать древесину при температуре 125 °С нецелесообразно. Это приводит к снижению физико-механических свойств древесины, а также существенному увеличению энергопотребления сушильной установки. Поэтому были проведены опыты по установлению возможности снижения температуры древесины в процессе сушки.

Как показывает практика сушки, наибольшее количество брака происходит по причине растрескивания торцов бревен. Одним из способов защиты торцов от растрескивания является удаление их из зоны воздействия СВЧ энергии. Как показали результаты экспериментов, даже при незначительном удалении от зоны воздействия СВЧ энергии отмечается резкое замедление процесса сушки в этой зоне. Средняя влажность по сечению составила 61,3 %, а величина перепада влажности около 80 % (рис. 3).

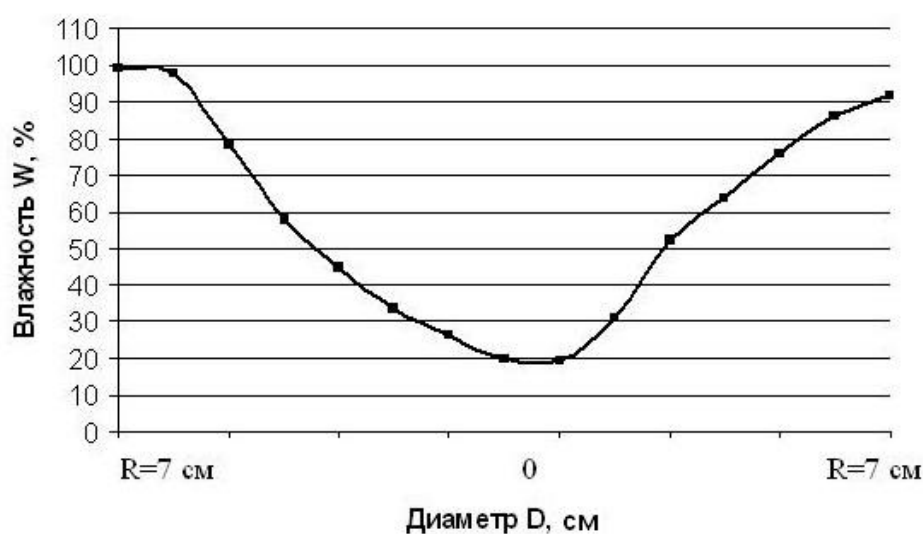


Рис. 3. Распределение влажности в торцовой части бревна

Подобное неравномерное распределение влаги по длине бревна на небольшом участке негативно сказывается на качестве высушиваемого материала. Для устранения этого перепада влажности в материале необходимо проведение дополнительной тепловой обработки при пониженной температуре, либо продолжительной выдержки в помещении с целью выравнивания влажности по длине бревна.

Анализ распределения влаги по длине и поперечному сечению в бревне в процессе сушки свидетельствует о том, что несмотря на большую величину влагопроводности вдоль волокон и даже при наличии градиента

избыточного давления, в древесине преобладает влагоперенос в поперечном (радиальном) направлении.

Вторая серия экспериментов по сушке в СВЧ установке была проведена на оцилиндрованных бревнах из древесины сосны диаметром 16 см. Температура в центре бревна поддерживалась в интервале 105-110 °С. Для получения более точной и достоверной информации по распределению влажности по сечению бревна измерения были выполнены в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, в соответствии со схемой, представленной на рисунке 4.

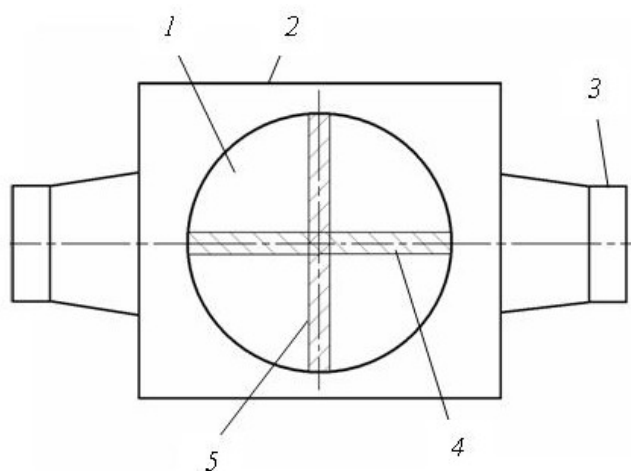


Рис. 4. Поперечный разрез установки: 1 – бревно; 2 – ограждение сушильной установки; 3 – магнетрон; 4 – зона измерения влажности по оси магнетрона; 5 – зона измерения влажности в плоскости перпендикулярной оси магнетрона

Результаты опытных сушек представлены на рисунках 5 и 6.

При снижении температуры в центре материала до 105-110 °С не отмечено значительного увеличения продолжительности процесса сушки. Анализ кривых распределения влажности в материале, как на оси магнетрона, так и на удалении в 250 мм показывает, что при снижении температуры отмечен и меньший перепад влажности по оси магнетрона. Однако в плоскости перпендикулярной оси магнетрона перепад влажности больше и составляет около 36-38 %. При этом в центральной части бревна влажность

распределена равномерно. В периферийной части бревна отмечено увеличение влажности на 10 % по оси магнетрона и на 15 % в перпендикулярной плоскости.

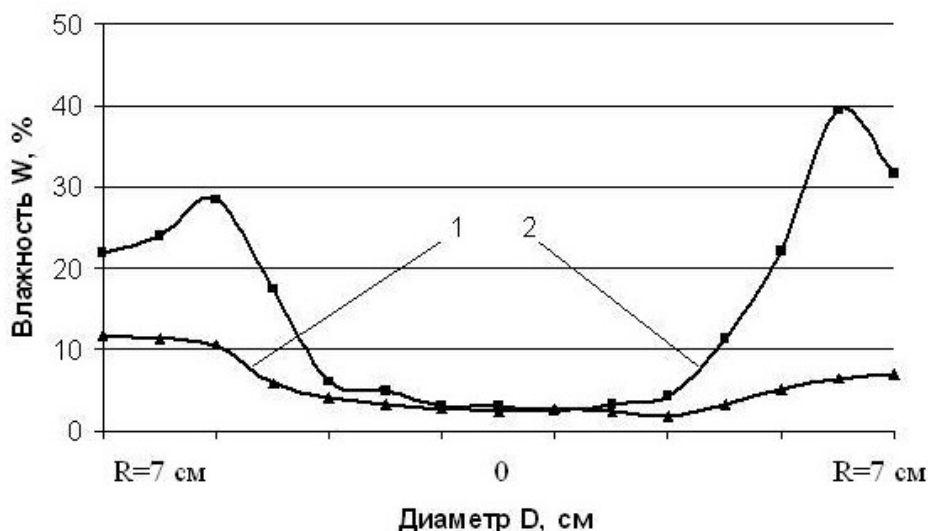


Рис. 5. Распределение влажности по радиусу бревна на оси магнетрона и температуре нагрева 110 °С: 1 – по оси магнетрона; 2 – в плоскости перпендикулярной оси магнетрона

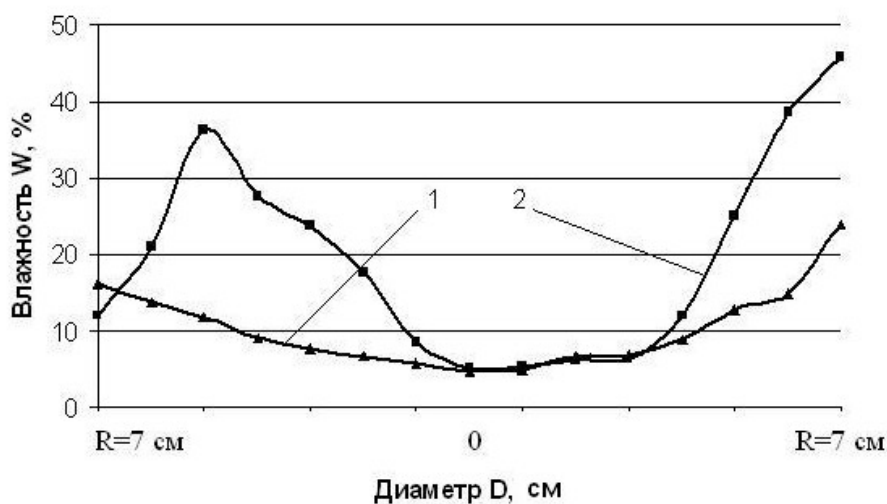


Рис. 6. Распределение влажности по радиусу бревна на расстоянии 250 мм от оси магнетрона и температуре нагрева 110 °С: 1 – по оси магнетрона; 2 – в плоскости перпендикулярной оси магнетрона

Характер распределения влажности в бревне на расстоянии 250 мм от оси магнетрона свидетельствует об уменьшении воздействия токов СВЧ на древесину. Это выражается в несколько большем перепаде влажности по сечению бревна, а также в увеличении на 2 % средней конечной влаж-

ности. Подобное неравномерное распределение влажности по сечению бревна можно объяснить конструктивными особенностями волновода. В горизонтальной плоскости расширение рупора волновода больше, чем в вертикальной, что и способствует несколько лучшему прогреву бревна в горизонтальной плоскости (по длине).

Однако, в деревянном домостроении указанный диаметр бревен применяется для межкомнатных перегородок. Наружные стены строений изготавливают из бревен диаметром 22-24 см. Для равномерного нагрева бревен большего диаметра необходимо обеспечить равномерный нагрев по всему сечению. Этого можно достичь периодическим поворачиванием бревен в процессе сушки. Что и было осуществлено в третьей серии экспериментов. Для уменьшения перепада влажности по сечению бревна, была уменьшена температура нагрева его до 90 °С. Это позволило существенно уменьшить аккумуляцию тепла в центральной части бревна. Опыты проводились на бревнах диаметром 16-17 см. Результаты этой серии экспериментов представлены на рисунке 7.

Анализ кривых распределения влаги по радиусу бревна показывает, что в результате периодического вращения бревна удалось достичь более равномерного распределения тепла в материале. Наибольший положительный эффект от вращения отмечается на некотором удалении от оси магнетрона. Здесь величина перепада влажности уменьшилась почти в два раза.

Снижение температуры в центральной части бревна позволило исключить пересушивание внутренней части бревна, по сравнению с первой серией экспериментов. Средняя конечная влажность бревен соответствовала 18-20 % влажности. На момент окончания сушки на поверхности древесины отсутствовали трещины.

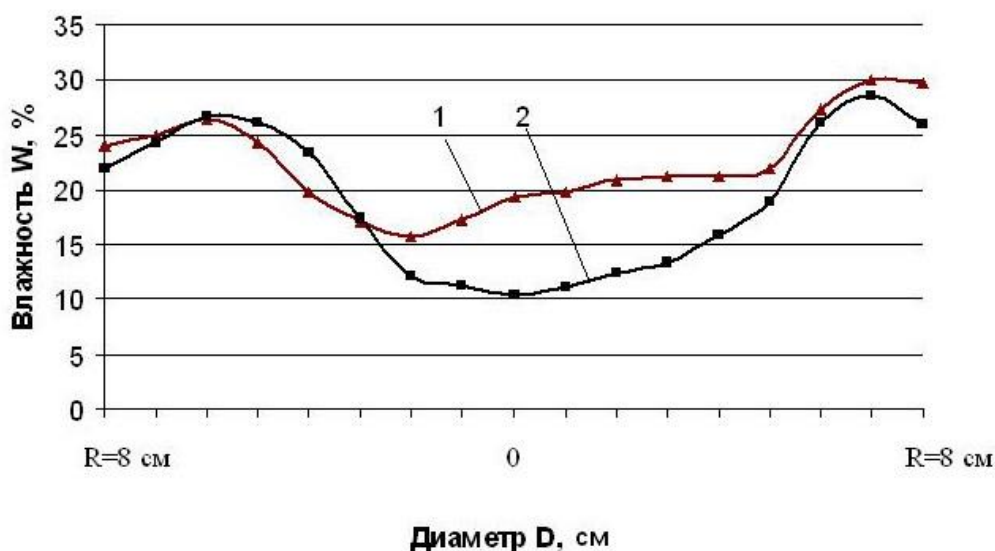


Рис. 7. Распределение влажности по радиусу бревна при равномерном нагреве (вращении бревна): 1 – по оси магнетрона; 2 – на расстоянии 250 мм от оси магнетрона

Как отмечает ряд исследователей, из-за конструктивных недоработок возможны локальные перегревы высушиваемого материала и возгорание древесины даже при малых удельных мощностях [3]. Падающая на древесину СВЧ-волна не только поглощается древесиной, но и образует поверхностные волны. Они распространяются как вдоль материала, так и вдоль прокладок, что приводит к концентрации СВЧ-энергии в определенных точках сушильного пространства и перегреву древесины. По этой причине невозможно поднять удельную мощность до расчетного уровня, что приводит к увеличению срока сушки древесины и, соответственно, к увеличению затрат энергии на сушку.

Это явление возможно при статичном положении высушиваемого материала. Периодическое вращение бревна в процессе сушки позволяет существенно уменьшить негативное влияние упрощенной конструкции сушильной установки на распространение СВЧ энергии в сушильной установке. По всей длине высушиваемых бревен не было отмечено участков с резким локальным перегревом материала.

Как показали результаты экспериментов, при сушке оцилиндрованных бревен диаметром до 24 см могут быть применены магнетроны малой мощности, работающие на частоте 2450 МГц при определенной их компоновке в конструкции сушильной установки.

Библиографический список

1. Кречетов, И. В. Пути интенсификации сушки древесины // Секция трудов. Сочинения по сушке материалов. М. : Профиздат, 1958. 284 с.
2. Торговнигов, Г.И. СВЧ-нагрев в технологии древесных материалов. М.: ВНИПИЭМ-леспром, 1988. - Вып. 10. 42 с.
3. Дьяконов К.Ф., Горяев А.А. Сушка древесины токами высокой частоты. М.: Лесн. пром-сть, 1981. 169 с.