

УДК 66.047

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ

© Р.Р. Сафин

Safin R.R. Modern tendencies in the development of wood drying technology. This method served as a foundation of vacuum-oscillating timber drying technology, worked out at the Department of Wood Processing at the Kazan State Technological University. This technology involves the warming up of wood in conditions of overheated steam without the inert gas in the camera. This results in the absence of phase resistance thus stimulating more intensive warming of timber. The suggested technology enables to speed up greatly the drying of the hard species of wood (for example, oak) without damaging the quality of timber.

В последние годы в России начался рост малых и средних предприятий по производству столярно-строительных изделий и мебели, потребляющих пиломатериалы и заготовки из древесины хвойных, лиственных и, особенно, твердых лиственных пород. Таким производствам, выпускающим изделия по европейским стандартам, потребовалась высококачественная сушка древесины. Кроме того, начали создаваться деревообрабатывающие производства в леспромпхозах, которые сокращают вывоз круглых лесоматериалов и увеличивают выпуск пиломатериалов, в том числе высушенных, а также изделий деревообработки. Поэтому проведем краткий обзор существующих способов сушки пиломатериалов.

Одним из наиболее широко применяемых сушилок являются конвективные сушильные камеры, в которых наблюдается омывание материала потоком нагретого газа. Процесс протекает при атмосферном давлении. При этом температура в центре материала в процессе сушки ниже, чем на поверхности, а влажность выше, поэтому перемещение влаги к поверхности материала обусловлено градиентом влажности, градиент температуры оказывает тормозящее действие. Данный принцип подвода тепловой энергии к материалу используется также в аэродинамических сушильных камерах, где нагрев воздуха осуществляют путем сильной турбулизации потока воздуха на лопатках ротора центробежного вентилятора специальной конструкции. Кроме того, работают единичные экземпляры сушильных камер, использующих в качестве энергоносителя древесные отходы. Тепло, полученное при сжигании отходов, через стенки топки передается циркулирующему внутри камеры сушильному агенту.

Общие недостатки конвективного способа сушки: высокая продолжительность цикла (5–45 дней в зависимости от сортамента пиломатериала), влекущая большие энергозатраты; сравнительно низкое качество конечного продукта – из-за наличия микротрещин, обусловленных применением теплоносителя с высокой температурой.

Менее распространенным методом является кондуктивная сушка, когда тепло высушиваемому материалу передается теплопроводностью от нагретой поверхности. При контактном методе подвода тепла рас-

пределение влагосодержания неравномерно и несимметрично: в контактном слое у греющей поверхности влагосодержание на протяжении всего процесса минимально, в центральных слоях – максимально. У открытой поверхности влагосодержание ниже, чем в центральных слоях, но выше, чем в контактном слое. Как известно, именно неравномерное распределение влагосодержания по толщине пиломатериала вызывает образование трещин и покоробленности, поэтому данные сушилки требуют четкого соблюдения технологического режима.

Обычно в качестве нагревательных элементов используются металлические плиты, нагреваемые паром, водой или электричеством. В случае использования простой и компактной конструкции нагревателя довольно трудно обеспечить равномерный нагрев древесины, а большая трудоемкость погрузочно-разгрузочных работ существенно снижает эффективность эксплуатации таких камер.

Для обеспечения качественной сушки пиломатериалов без использования водяного пара в МГУЛ разработаны «импульсные» режимы.

Сущность этих режимов состоит в следующем. Сушка материала проводится циклами, каждый из которых состоит из двух стадий. На первой стадии цикла сушка пиломатериалов проходит в воздухе повышенной температуры и низкой влажности. В камере осуществляется интенсивная циркуляция сушильного агента и воздухообмен с окружающей средой. Этот период характеризуется аккумуляцией древесиной тепла и высокой интенсивностью процесса сушки за счет большого градиента влажности. В древесине в поверхностных зонах развиваются растягивающие напряжения.

На второй стадии прекращается работа систем циркуляции, теплоснабжения и воздухообмена. Для этого периода характерно следующее:

- 1) продолжается процесс испарения из древесины влаги, за счет тепла, аккумулярованного материалом на первой стадии;
- 2) повышается степень насыщенности воздуха за счет влаги, поступающей из материала;
- 3) увеличивается его влажность на поверхности, поскольку возрастает величина равновесной влажности. Происходит выравнивание влажности по толщине

материала, и уменьшаются сушильные напряжения, вплоть до полного их исчезновения;

4) понижается температура на поверхности материала, что связано с затратами энергии на испарение воды; появляется положительный градиент температуры, вызывающий интенсивное движение влаги к поверхности, что компенсирует некоторое снижение интенсивности процесса при уменьшении градиента влажности.

Как показывает производственный опыт, сушка «импульсными» режимами при соответствующем соотношении продолжительности стадий процесса происходит практически без развития остаточных деформаций, а следовательно, и без остаточных напряжений, при малых перепадах влажности по толщине материала.

Применение «импульсных» режимов для конвективных сушильных камер позволяет не только отказаться от использования водяного пара, но и осуществить экономию электроэнергии за счет отключения циркуляционных вентиляторов на стадии выдержки пиломатериалов и существенно упростить систему автоматического регулирования процесса сушки. Технология сушки на базе «импульсных» режимов оказалась достаточно универсальной и эффективной. Она может быть рекомендована и для паровых лесосушильных камер, что помимо снижения затрат электроэнергии даст 30 % экономии водяного пара, поскольку отпадает необходимость проведения конечной и промежуточных влаготеплообработок, а также кондиционирования.

В странах с высокоразвитой деревообрабатывающей промышленностью получила широкое распространение вакуумная сушка. Сушка под вакуумом является одним из способов получения положительного температурного градиента. Если направить поток влаги, возникающий под действием термовлагопроводности, в требуемом направлении, то можно повысить интенсивность процесса сушки без создания значительных перепадов влажности по толщине материала. Следовательно, сушка древесины за счет положительного градиента температуры получается не только более быстрой, чем конвективная, но и более качественной. При рабочем давлении в камере 10–13 кПа температура кипения воды не превышает 45–50 °С – при этом реализуется легкий режим сушки, не повреждающий органику древесины. Это обеспечивает практически полное отсутствие микротрещин, т. е. высокое качество конечного продукта, недостижимое в процессе сушки при атмосферном давлении.

В настоящее время налажен выпуск вакуумных камер для сушки пиломатериалов с использованием различных способов подвода тепла к древесине: СВЧ-нагрев; нагрев с помощью газообразного теплоносителя; нагрев с помощью контактных нагревателей.

СВЧ-нагрев осуществляется СВЧ-полем, создаваемым в объеме штабеля соответствующими генераторами. Несмотря на известные преимущества СВЧ-энергии для сушки пиломатериалов (наибольшая скорость сушки, благодаря выделению тепла во всем объеме древесины), данная технология еще не нашла широкого применения вследствие дороговизны как самих установок, так и их эксплуатации и необходимости привлечения квалифицированного персонала для их обслуживания. КПД такой установки невелик: в СВЧ-генераторе эф-

фективность преобразования электроэнергии в энергию СВЧ-поля составляет только 20–30 %, а показатель эффективности преобразования СВЧ-энергии в тепловую внутри штабеля (как и показатель полезного использования последней) также ощутимо меньше 100 %. Поэтому неизбежен большой удельный расход электроэнергии. Эксплуатация СВЧ-оборудования требует соблюдения жестких требований техники безопасности. Кроме того, при этом способе сушки не всегда удается обеспечить удовлетворительную однородность пиломатериалов по конечной влажности и довольно сложно локально контролировать текущую влажность и температуру древесины, что необходимо для управления процессом.

Перспективными остаются вакуумно-диэлектрические сушильные камеры, основанные на нагревании высушиваемого материала, обладающего диэлектрическими свойствами, в электрическом поле высокой частоты. Тем самым должен осуществляться равномерный по толщине прогрев материала. Однако при сушке толстых пиломатериалов (толщиной более 60 мм) и пиломатериалов из древесины твердых пород (дуб, лиственница и др.) кипение воды проходит не по всему объему материала, а только в поверхностных слоях. В центральных зонах кипения не происходит, а вода движется к границе фазового превращения за счет градиента температуры. При таком механизме процесса непрерывный подвод высокочастотной энергии материалу приводит к большим перепадам влажности по толщине материала и сушильным напряжениям, которые вызывают растрескивание древесины. Кроме этого, большой расход электроэнергии и высокая стоимость оборудования сдерживают широкое распространение вакуумно-диэлектрических сушилок.

По результатам проведенных в МГУЛ исследований высокое качество сушки обеспечивают вакуумно-конвективные сушильные камеры.

В основу технологии заложен принцип «импульсных» режимов. Процесс сушки складывается из последовательно чередующихся стадий нагрева древесины и ее вакуумирования. На стадии нагрева материал обдувается горячим воздухом при атмосферном давлении. В этот период температура древесины повышается, что сопровождается испарением влаги с ее поверхности. Влажность несколько снижается. Движение влаги внутри материала проходит под действием градиента влажности. Древесину нагревают до определенной температуры, после чего начинается стадия вакуумирования, которая характеризуется интенсивным испарением влаги с поверхности материала. Температура поверхности снижается. В полостях клеток происходит вскипание воды, образовавшийся водяной пар движется к поверхности под избыточным давлением. При этом часть пара удаляется из древесины, а часть при контакте с охлажденными поверхностными зонами конденсируется. Водяной пар, покинувший древесину, образует вокруг нее среду практически чистого насыщенного или перегретого пара. В результате этого влага удаляется при достаточно высокой влажности поверхности и, следовательно, малом ее перепаде по толщине материала, это позволяет избежать значительных сушильных напряжений и больших остаточных деформаций.

В период выдержки досок в вакууме при удалении свободной влаги ее движение проходит под действием градиентов давления, влажности и температуры, а при влажности древесины ниже предела насыщения – градиентов влажности и температуры. Этим и обеспечивается высокая интенсивность конвективно-вакуумной сушки. Вакуумирование прекращается после падения температуры в центре материала ниже температуры кипения воды при данной глубине вакуума. Число стадий «прогрев – вакуум» зависит от требуемой конечной влажности высушиваемых досок.

Развитием данного метода сушки стала разработанная на кафедре Переработки древесных материалов Казанского государственного технологического университета технология вакуум-осциллирующей сушки пиломатериалов, при которой прогрев древесины про-

исходит в среде перегретого пара при отсутствии инертного газа в полости аппарата. Это приводит к отсутствию фазового сопротивления, способствуя тем самым более интенсивному прогреву пиломатериала. Предложенная технология позволяет значительно ускорить сушку твердых пород древесины (например, дуба) без ущерба качеству пиломатериала.

Таким образом, наиболее перспективной в области сушки древесины в настоящее время является вакуумная технология, позволяющая за максимально короткие сроки получать высушенную древесину отличного качества. Однако данные установки по сей день остаются дорогими и требуют точной технико-экономической оценки для каждого отдельного предприятия.

Поступила в редакцию 3 сентября 2006 г.