

УДК 674.047.3

**Т.К.Курьянова, А.Д.Платонов, В.С.Петровский**

Курьянова Татьяна Казимировна родилась в 1937 г., окончила в 1962 г. Воронежский государственный лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры древесиноведения Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет более 70 печатных работ в области древесиноведения и технологий деревообрабатывающих производств.



Платонов Алексей Дмитриевич родился в 1966 г., окончил в 1993 г. Воронежский государственный лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры древесиноведения Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет более 30 печатных работ в области древесиноведения и технологий деревообрабатывающих производств.



Петровский Владислав Сергеевич родился в 1933 г., окончил в 1956 г. Сибирский технологический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автоматизации производственных процессов Воронежской государственной лесотехнической академии, заслуженный деятель науки и техники РФ, академик РАЕН. Имеет более 350 печатных работ в области математического моделирования, оптимизации компьютеризации, автоматизации технологий и оборудования лесного комплекса.

**СУШКА ТВЕРДЫХ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД  
С ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ**

Рассмотрены особенности конвективной сушки древесины твердых лиственных пород после предварительной химической обработки.

*Ключевые слова:* влагопроводность, испарение, тилы, проводящие элементы, внутренние напряжения, глубина пропитки, гигроскопичность, сушка, проварка.

Сушка древесины является одним из самых сложных и энергоемких процессов в деревообрабатывающей промышленности. Поэтому сокращение продолжительности сушки при сохранении качества и снижение энергоемкости всегда были актуальными направлениями научных исследований.

Теоретически оптимальной считается сушка, при которой скорость продвижения влаги из внутренних слоев приближается к скорости ее испарения с поверхности древесины. Таким образом, основным параметром, определяющим продолжительность сушки, является влагопроводность. Именно в достижении интенсивного движения влаги внутри материала (из цен-

тральной зоны к его поверхности) скрываются возможности получения высоких технико-экономических показателей процесса сушки.

Влагопроводность зависит от многих факторов (порода, плотность, направление тока влаги и др.), но наибольшее влияние на нее оказывает температура: при ее повышении влагопроводность существенно возрастает.

Однако повышение температуры приводит к ужесточению режима сушки и увеличению интенсивности испарения влаги с поверхности древесины, что в свою очередь вызывает неравномерное ее распределение по толщине материала и возникновение опасных внутренних напряжений.

Уменьшить интенсивность испарения влаги с поверхности материала возможно за счет повышения влажности агента сушки, но это в свою очередь уменьшит потенциал влагопереноса и увеличит продолжительность процесса сушки. Таким образом, увеличение интенсивности движения влаги внутри материала за счет изменения существующих рациональных режимов сушки не является эффективным и целесообразным.

В настоящее время проводятся обширные исследования, направленные на интенсификацию процесса сушки. Однако существенное сокращение ее продолжительности при этом достигается за счет использования технически сложных и дорогостоящих конструкций сушильных камер (СВЧ, ТВЧ, вакуумно-дielekтрических и др.). Эти способы не находят широкого промышленного применения, поскольку их эффективность ограничена рядом факторов: породой, толщиной, начальной влажностью, объемом высушиваемого материала, сложностью конструкций и управления камерами и т.д.

На скорость перемещения влаги основное влияние оказывает строение самой древесины. Поэтому знание строения древесины на макро- и микроскопическом уровнях позволит более ясно представить механизм передвижения влаги и даст возможность изыскания других эффективных способов сушки.

Представляется целесообразным сместить акценты исследований в сторону объекта сушки – древесины.

Известно, что продолжительность сушки во многом зависит от породы древесины, т. е. от ее плотности. Чем плотнее древесина, тем сложнее и длительней будет процесс удаления из нее влаги.

Если сравнить структуру и продолжительность сушки хвойных и лиственных пород, то можно отметить, что структура хвойных проще, соответственно и продолжительность сушки меньше. Следовательно, структура древесины оказывает существенное влияние на влагопроводность. Практика показывает, что процесс сушки древесины хвойных пород проходит легче и быстрее, чем лиственных. Поэтому энергоемкость и себестоимость сушки лиственных пород значительно выше, чем хвойных.

Но среди лиственных пород наблюдается большой разброс в продолжительности сушки. Так, к группе трудносохнущих пород можно отнести большинство кольцесосудистых. При рассмотрении их строения можно отметить, что эти древесные породы имеют очень развитую и наиболее совершенную систему влагопроводящих элементов. Однако, имея столь со-

вершенную влагопроводящую систему, они сохнут дольше. Кроме того, при одинаковой базисной плотности, например, древесина ясеня высыхает в 2 раза быстрее, чем дуб.

Из всей группы трудносохнущих древесных пород наибольший практический интерес представляет дуб. Его древесина имеет красивую текстуру, обладает высокими прочностными и эксплуатационными свойствами, отличается хорошей устойчивостью к воздействию грибов. Изделия из нее имеют большой срок службы. Однако, кроме перечисленных достоинств, она имеет существенный недостаток – при ее сушке возникают большие затруднения. Поэтому представляется целесообразным рассмотреть структуру и состав проводящих элементов на примере древесины дуба.

В ранней зоне годичного слоя древесины дуба располагаются в 2-3 ряда крупные сосуды. Остальная масса древесины этой зоны состоит преимущественно из клеток древесной паренхимы и одноклеточных и многоклеточных сердцевинных лучей, пересекающих эту зону.

Поздняя древесина по своему строению значительно отличается от ранней. Мелкие сосуды поздней древесины собраны в обособленные группы, между ними располагаются преимущественно трахеиды. Группы сосудов и трахеид представляют собой систему клеток, приспособленную для проведения воды. В этой же зоне расположены группы волокон либриформа, между волокнами либриформа и трахеидами размещаются клетки древесной паренхимы.

В системе, проводящей воду, различают сосуды и трахеиды. Сосуды по сравнению с замкнутыми трахеидами совершенно приспособлены к продвижению воды. На их стенках имеются мелкие поры, размещенные свободно без видимого порядка.

Трахеиды дуба и других лиственных пород играют подсобную роль, являясь водопроводящими и механическими, а иногда запасными элементами. На стенках трахеид поры располагаются или вертикально, в один ряд, или беспорядочно. Все поры мелкие, с хорошо выраженным окаймлением и округлыми отверстиями.

Помимо основных водопроводящих элементов сосудов и трахеид в древесине дуба способны выполнять эти функции лежащие трахеиды сердцевинных лучей. Древесная и лучевая паренхима древесины ствола состоит не из разрозненных клеток, а представляет единую систему, каждая клетка которой сообщается с другими паренхимными элементами и сосудами. При отмирании паренхимных клеток цитоплазма вымывается, и они становятся способными проводить влагу. Поры в стенках паренхимных клеток сердцевинных лучей мелкие. При соприкосновении с сосудами величина пор значительно возрастает. Таким образом, древесная и лучевая паренхима также играет большую роль в процессах водообмена в стволе дерева.

Волокна либриформа являются механической тканью в древесине ствола дерева. Эти прозенхимные клетки имеют толстые стенки и весьма небольшую полость. В отличие от трахеид, волокна либриформа на стенках несут простые щелевидные поры [3].

Анализ структуры элементов, входящих в состав древесины дуба, показывает, что все они в большей или меньшей степени участвуют в процессах водопроводности. Главной водопроводящей структурой являются сосуды. Остальные элементы, соприкасаясь с сосудами посредством пор, образуют единую сообщающуюся водопроводящую систему.

В зависимости от условий произрастания сосуды дуба сохраняют водопроводящую способность от 4 до 12 лет. Утрата водопроводящей способности происходит по причине закупорки сосудов тилами. Таким образом, большая часть сосудов водопроводящей системы дуба со временем перестает выполнять свои функции, за исключением заболонной части ствола. Такое исключение большей части сосудов из водопроводящей системы очень сильно затрудняет передвижение влаги по древесине. Следовательно, чтобы увеличить интенсивность передвижения влаги необходимо «подключить» к общей водопроводящей системе сосуды, закупоренные тилами.

Тилы – это элементы паренхимной ткани древесины, имеющей весьма тонкую целлюлозную оболочку. Разрушить стенки тил можно путем непродолжительного воздействия на них температуры и избыточного давления. На практике достичь этого несложно, достаточно прогреть древесину до температуры кипения воды. При этом свободная вода в полостях клеток вскипает и превращается в пар. Но поскольку быстрый выход пара из древесины затруднен, то в ней образуется избыточное парциальное давление по отношению к атмосферному. Этого совместного воздействия температуры и давления достаточно для разрушения тил.

Разрушение тил в сосудах позволит соединить все проводящие элементы в единую систему. Это, в свою очередь, существенно сократит время перемещения влаги из внутренней части пиломатериалов к поверхности. Сокращение продолжительности сушки будет особенно ощутимым в заключительный период падающей скорости сушки, когда в общем процессе водопроводности преобладает движение влаги в виде пара.

При традиционной конвективной сушке испарение влаги с поверхности древесины протекает гораздо интенсивнее, чем ее продвижение из внутренних слоев. Поверхность пересыхает и плохо проводит влагу, покрывается «коркой».

Понизить теплоотдачу поверхностных слоев можно путем введения в них гигроскопичного раствора. Это позволит использовать известное свойство растворов, заключающееся в том, что упругость пара раствора упругости пара чистого растворителя. В пиломатериалах, наружные слои которых пропитаны раствором соли, упругость пара на поверхности меньше, чем во внутренних слоях, где содержится вода (чистый растворитель). Эта разность парциальных давлений и вызывает более интенсивный внутренний перенос влаги в материале, что и способствует ускорению процесса сушки [1].

Если в качестве среды при прогреве древесины использовать соляной раствор, то можно достичь двойного эффекта. Во-первых, под действием избыточного давления при интенсивном парообразовании (вскипании)

свободной влаги разрушаются тилы, во-вторых, осуществляется поверхностная пропитка соляным раствором.

Глубина проникновения соляного раствора в древесину будет незначительной, поскольку в процессе предварительной химической обработки в древесине одновременно имеют место два встречных физических явления: первое – это проникновение соли в древесину за счет диффузии, второе, более интенсивное – переход влаги из древесины в раствор вследствие избыточного давления.

В период предварительной химической обработки древесины отмечается незначительное снижение ее влажности. Это свидетельствует о том, что одновременно с прогревом и пропиткой древесины осуществляется процесс сушки. Непродолжительное воздействие высокой температуры раствора практически не сказывается на прочностных свойствах древесины.

Таким образом, предварительная химическая обработка позволяет повысить водо- и влагопроводность древесины при одновременном уменьшении интенсивности испарения влаги с ее поверхности, что позволит избежать пересыхания поверхностных слоев, уменьшить перепад влажности по толщине и существенно снизить величину остаточных напряжений в материале.

Для подтверждения теоретических предпосылок нами была проведена серия опытных сушек древесины дуба Воронежской области: толщина ЧМЗ – 50 мм, начальная влажность 75 ... 77 %, конечная 8 ... 9 %. Торцы покрывали замазкой, что позволило приблизить условия сушки к длинным пиломатериалам. Сушку проводили в два этапа: предварительная обработка и последующая сушка до конечной влажности в конвективной камере.

Продолжительность сушки – 10 сут. вместо 30 расчетных по нормативным коэффициентам. При этом высушенная древесина соответствовала требованиям 1-й и 2-й категорий качества сушки. Перепад влажности по сечению ЧМЗ – 2,5 ... 3,0 %, величина внутренних остаточных напряжений – не более 2,5 МПа при допустимых  $\sigma_{\text{доп}} = 5,6 \text{ МПа}$  ( $\sigma_{\text{доп}} = 0,7\sigma$ , где  $\sigma$  – предел прочности на разрыв поперек волокон, для дуба  $\sigma = 8 \text{ МПа}$ ) [4]. Высушенная древесина не имела трещин.

В результате предварительной химической обработки глубина проникновения раствора составила 0,15 ... 0,20 мм. Этот слой при дальнейшей механической обработке будет удален, что позволит избежать такого нежелательного явления, как повышенная гигроскопичность поверхности древесины. Однако, как показали длительные наблюдения за пропитанной древесиной, увеличение ее гигроскопичности по отношению к натуральной древесине отмечено лишь при повышении относительной влажности среды более 75 %.

Применение предварительной химической обработки раствором гигроскопических веществ позволяет сократить продолжительность сушки, в частности, древесины дуба в 3 раза при полном сохранении ее прочностных свойств, отсутствии трещин и небольших внутренних напряжений. Величина внутренних напряжений соответствует 2-й категории качества. Кро-

ме того, из технологического процесса исключаются энергоемкие технологические операции прогрева и влаготеплообработки древесины [2]. Процесс сушки можно проводить в обычных конвективных сушильных камерах без какой-либо их модернизации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Малеев В.И.* Ускоренная сушка древесины / В.И. Малеев, В.А. Баженов // Лесн. индустрия. – 1937. – № 9. – С. 65–71.
2. Пат. 2096702 РФ, С1 РФ, 6 FВ 3/4. Способ сушки дубовых заготовок / Курьянова Т.К. и др. – № 95112874/06; заявл.20.07.95; опубл.20.11.97, Бюл. № 32 – 6 с.
3. *Перельгин Л.М.* Строение древесины / Л.М. Перельгин. – М.: АН СССР, 1954. – 200 с.
- 4 *Уголев Б.Н.* Древесиноведение с основами лесного товароведения: учебн. для лесотехн. вузов. / Б.Н. Уголев. – 3-е изд. перераб. и допол. – М.: МГУЛ, 2001. – 340 с.

Воронежская государственная  
лесотехническая академия

Поступила 2.04.03

*T.K. Kurjanova, A.D. Platonov, V.S. Petrovsky*

#### **Hardwood Drying with Preliminary Chemical Treatment**

Peculiarities of convection drying of hardwood after preliminary chemical treatment are considered.