



МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.047

Ш.Г. Зарипов, В.Н. Ермолин

Сибирский государственный технологический университет

Зарипов Шакур Гаянович родился в 1955 г., окончил в 1977 г. Сибирский технологический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии производств в лесном комплексе Лесосибирского филиала Сибирского государственного технологического университета. Имеет более 50 печатных трудов в области изучения конвективной сушки пиломатериалов.
Тел.: 8(391)4-56-28-03



Ермолин Владимир Николаевич родился в 1957 г., окончил в 1979 г. Сибирский технологический институт, доктор технических наук, заведующий кафедрой технологии композиционных материалов Сибирского государственного технологического университета. Имеет более 80 печатных трудов в области физики древесины.
Тел.: 8 (391)2-27-96-75



ИЗБЫТОЧНОЕ ДАВЛЕНИЕ В ЛИСТВЕННИЧНЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛАХ ПРИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КОНВЕКТИВНОЙ СУШКЕ

Обоснована гипотеза о формировании избыточного давления в лиственничных пиломатериалах в результате образования парогазовой смеси при конвективной сушке низкотемпературными режимами, природой формирования которых являются физико-химические процессы, происходящие в древесине при этих температурах.

Ключевые слова: избыточное давление, лиственница сибирская, конвективная сушка, физико-химические процессы.

Избыточное давление (ИД) как фактор сушки лиственничных пиломатериалов изучен недостаточно полно. Выполненные по данной проблеме работы [1, 2, 4] доказывают наличие ИД внутри древесины при сушке лиственничных пиломатериалов низкотемпературными режимами.

Основопологающим условием возникновения ИД является ограниченная газо- и влагопроницаемость древесинного вещества, с одной стороны, и наличие газа, не имеющего возможности выхода из древесины при нагреве, с другой. Ограниченность газо- и влагопроницаемости древесины лиственницы позволила в работах [1, 4] при изучении кинетики сушки считать пиломатериалы герметичным резервуаром. При этом источником возникновения ИД были приняты пар и воздух, которыми наполнено древесинное вещество. По мнению авторов [1, 4], в указанных условиях даже незначительное повышение температуры древесины приводит к повышению давления за счет энергии пара и воздуха. При сушке высокотемпературными режимами такой подход является обоснованным.

Вывод, полученный в работах [1, 4], только частично нашел подтверждение при проведении нами экспериментальных исследований [2] по следующим причинам: древесину лиственницы ошибочно относить к абсолютно герметичным объек-

там при сушке низкотемпературными режимами; для поддержания ИД на одном уровне невозможно обходиться длительное время без «подкачки», так как воздух выходит вместе с удаляемой из древесины влагой, а количество испаряемой при сушке низкотемпературными режимами влаги недостаточно для поддержания ИД на относительно высоком уровне длительное время.

Поскольку до настоящего времени остались невыясненными условия возникновения ИД, уровень ИД, состав газа, создающего избыточное давление в древесине при сушке лиственничных пиломатериалов низкотемпературными режимами, и природа его возникновения, эти вопросы явились целью нашего исследования.

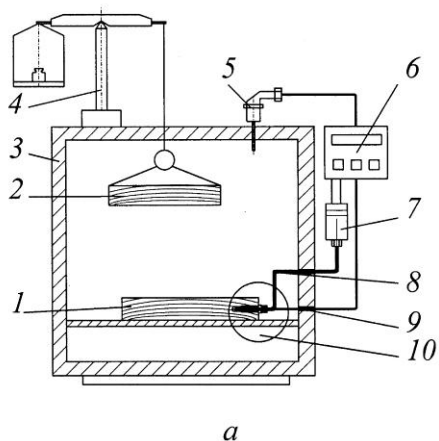


Рис. 1. Схема сушильной камеры для исследования кинетики сушки: *а* – общий вид, *б* – узел; 1, 2 – испытуемый образец; 3 – сушильный шкаф; 4 – весы рычажные; 5 – термопреобразователь сопротивления ДТС 015; 6 – измеритель-регулятор ТРМ 138; 7 – преобразователь избыточного давления ПД 100-Ди-0,5; 8 – трубка медная; 9 – термопреобразователь сопротивления ДТС 014; 10 – узел; 11 – резервуар; 12 – штуцер; 13 – резиновая обжимка

Для уточнения числовых значений ИД была смонтирована сушильная камера (рис. 1). При проведении опытов фиксировали: ИД внутри древесины путем внедрения в образец медной трубки с рабочим диаметром 3 мм и выводом его на преобразователь избыточного давления 7; изменение влажности по массе парного образца 2; температуру в центре образца (термопреобразователь сопротивления 9) и в сушильной камере 5.

Результаты одной серии опытов представлены на (рис. 2, 3). Объектами исследования служили лиственничные образцы сечением 25×100 мм.

Первый подъем ИД наблюдался в начальный период (рис. 2) при температуре в сушильной камере 45 °С в виде всплеска после 4 ч сушки. ИД изменилось от 0,01 до 0,26 кПа за очень короткий период времени (на графике отмечено в виде вертикального отрезка при $\tau_c = 4,0$ ч). В течение последующего часа ИД, скачкообразно

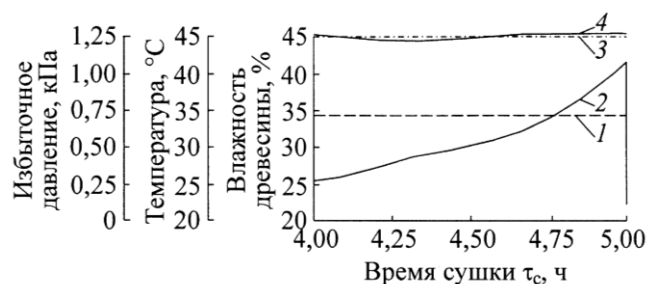


Рис. 2. Подъем давления в лиственничном образце в начальный период сушки: 1 – влажность древесины; 2 – избыточное давление; 3 – температура в сушильной камере; 4 – температура в центре образца

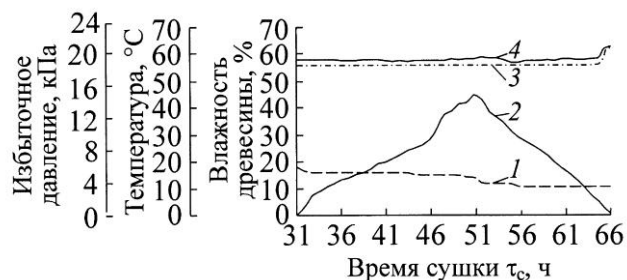


Рис. 3. Подъем давления в лиственничном образце в процессе сушки (см. обозначения на рис. 2)

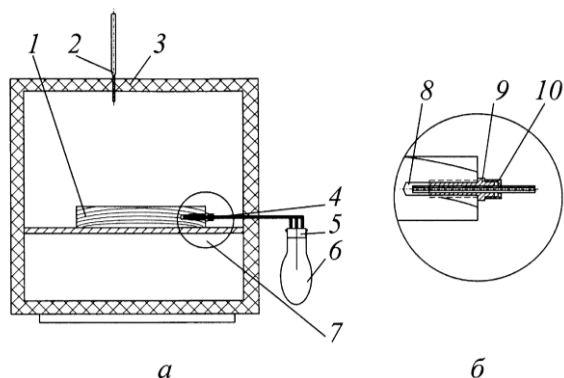
изменяясь относительно некоторого среднего значения, увеличилось до 1,17 кПа, после чего за очень короткий промежуток времени оно вернулось к исходному значению 0,01...0,02 кПа. Подобное явление отмечено и при проведении повторных опытов.

Второй подъем ИД наблюдался через 31 ч сушки (рис. 3). Отличительными особенностями данного подъема от предыдущего являются продолжительность, уровень подъема, форма графика. Подъем ИД был зафиксирован при температуре агента сушки в сушильной камере 56,0 °С и температуре в центре образца 57,5 ... 59,0 °С. Продолжительность этого подъема составляла 35 ч, максимальное значение ИД – 15,04 кПа. Подъем и снижение ИД, как и в предыдущем случае, происходили скачкообразно относительно некоторого среднего значения, которое указано на графике (рис. 3). В целом подъем и последующее снижение ИД проходили в плавном режиме.

Для изучения состава газа, создающего ИД в древесине при сушке лиственничных пиломатериалов низкотемпературными режимами, были проведены специальные исследования в два этапа: на первом этапе извлекали газы из образцов, на втором этапе полученные газы подвергали экспресс-анализу.

Газы извлекали с помощью 4 медных трубок (рис. 4) рабочим диаметром 3 мм каждая. Трубки монтировали на расстоянии 4...5 см одна от другой по длине лиственничного образца 1 сечением 50×100 мм и выводили за пределы сушильного шкафа 3, где их собирали в пучок в коллекторе-сборнике 5. Газовую смесь направляли в резиновый шар 6 при температуре в сушильном шкафу 84 °С. Газ получали из двух образцов. Его объем в охлажденном состоянии в каждой пробе составлял не менее 100 мл. Газ собирали в течение 7 сут, при этом 85 ... 90 % объема газа были получены в первые 30 ... 50 ч нагрева.

Рис. 4. Схема отбора проб газовой смеси из пиломатериалов в процессе сушки: а – общий вид, б – узел; 1 – испытуемый образец; 2 – термометр; 3 – сушильный шкаф; 4 – трубка медная; 5 – коллектор-сборник; 6 – резиновый шар; 7 – узел; 8 – резервуар; 9 – штуцер; 10 – резиновая обжимка



Собранный газ подвергали экспресс-анализу методом ИК-спектроскопии. В общей сложности на ИК-спектре газов из газовой камеры было пронумеровано и отнесено к определенным структурным единицам 139 пиков. ИК-спектр конденсата, полученный на таблетке KBr, имел всего 10 пиков.

На основании результатов экспресс-анализа установлено следующее.

1. В газовой среде присутствует смесь летучих с паром веществ с функциональными группами воды (в том числе кристаллизационной в гидратах), спиртов, фенолов, карбоновых кислот алифатического и ароматического рядов, а также непредельных соединений.

2. В области «отпечатков пальцев» ИК-спектра газов обнаружены полосы поглощения таких структурных единиц молекул, как $-C-S$, $=C-H$, $-C-O$, NO_2 . В газах конденсата присутствуют соединения, в состав которых входят эти структурные единицы.

3. Сахара в газовой смеси не обнаружены.

4. ИК-спектр конденсата на таблетке KBr показывает наличие веществ с функциональными группами органических серосодержащих соединений, воды, спиртов, фенолов, карбоновых кислот.

К основной группе веществ для получения ИК-спектра газов в древесине лиственницы следует отнести воду; органорастворимые экстрактивные вещества [5, 9] (монотерпены), расположенные в смоляных ходах; алифатические соединения, концентрирующиеся главным образом в лучевой и древесной паренхиме; фенольные соединения в ядре.

Механизм перевода в газ части жидких и твердых веществ, входящих в состав древесины, достаточно сложен и приведен в специальной литературе. Для каждого температурного уровня характерны определенные процессы. Так, эфирные масла летучи при комнатной температуре и способны перегоняться с паром [5]. Наличие в древесине различных ферментов [9] и воды в виде радикалов (OH^- , H^+) [7] создают условия мягкого (при температуре 40...50 °С) гидролиза [3] отдельных компонентов древесины лиственницы, преимущественно гемицеллюлоз, и некоторого расщепления лигноуглеводной составляющей.

Таким образом, источником формирования ИД в древесине при низкотемпературных режимах сушки является газ сложного химического состава, включая пар.

В процессе экспериментальных исследований также было установлено значение ИД, при котором наблюдается максимальная скорость обезвоживания. Оно составляет 0,01...0,02 кПа. Аналогичный результат был достигнут при сушке соснового образца, выпиленного из заболонной части дерева. Полученные данные дают основание утверждать, что такое значение ИД соответствует нормальному сопротивлению влагонепроницающей системы древесинного вещества и может быть принято за рабочее давление. Любое превышение рабочего давления указывает на нарушение баланса между количеством газа, полученного в результате физико-химических процессов, и пропускной способностью древесинного вещества.

Первое нарушение баланса, как было указано выше, наблюдалось в начале процесса обезвоживания (см. рис. 2), что привело к повышению ИД в образце. Одной из причин, объясняющих такой всплеск ИД, является наличие природной закупорки влагонепроницающей системы древесинного вещества лиственницы [8]. Скачкообразное изменение ИД дает основание утверждать, что под действием этого фактора происходит прорыв тонких перфораций, препятствующих выходу парогазовой смеси из древесины, что приводит к «расконсервации» ее влагонепроницающей системы.

Второй скачок ИД наблюдался после 31 ч сушки (рис. 3). Ввиду того, что изучаемый скачок ИД отмечен в процессе сушки, то закупоривание влагопроводящей системы древесины формировалось под действием явлений, происходящих в ней при температуре в сушильной камере 45...56 °С.

Проведенные нами ранее исследования выявили факт переноса водорастворимых экстрактивных веществ из центральных слоев в периферийные. Основу водорастворимых экстрактивных веществ в древесине лиственницы составляет арабиногалактан – клейкое мембранотропное вещество, способное образовывать гель. Из этого следует, что влагопроводящая система, которая находится в периферийной зоне доски, закупоривается водорастворимыми экстрактивными веществами.

Перенос парогазовой смеси через сформированный запирающий слой подчиняется законам диффузионной проницаемости [6]: последовательно протекают процессы адсорбции и растворения парогазовой смеси в пограничном слое, диффузии ее через слой и выделения влаги с внешней его стороны. В период подъема ИД средняя удельная скорость сушки снижается от 0,054 до 0,017 кг/(м²·ч).

Выстраивая определенным образом режимы сушки, можно избежать формирования такого нежелательного явления, как закупоривание влагопроводящих путей древесины и, как следствие, повышение ИД. Проведенные опытные сушки лиственничных пиломатериалов в сушильных камерах непрерывного и периодического действия подтвердили правильность вышеприведенных положений.

Выводы

1. По уровню ИД в высушиваемых конвективной сушкой лиственничных пиломатериалах можно оценить степень закупоренности газо- и влагопроводящей системы.
2. ИД формируется сложной по химическому составу парогазовой смесью, которая образуется при протекании физико-химических процессов в древесине, высушиваемой низкотемпературными режимами.
3. ИД в древесине лиственницы при сушке низкотемпературными режимами зависит от баланса между количеством парогазовой смеси, полученной в результате физико-химических процессов, и пропускной способностью древесинного вещества; ИД изменяется от 0,01 до 15,04 кПа.
4. Понимание причин возникновения ИД является основой для совершенствования конвективной сушки лиственничных пиломатериалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дзыга Н.В.* Особенности сушки лиственничных пиломатериалов // Инвестиционный потенциал лесопромышленного комплекса Красноярского края: материалы науч.-практ. конф. междунар. выставки-ярмарки «Деревообработка: оборудование и продукция», 5-6 сентября 2001 г. С. 78–81.
2. *Зарипов Ш.Г.* Формирование избыточного давления в лиственничных пиломатериалах в процессе конвективной сушки // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр.; под ред. Е.А. Памфилова. Брянск: БГИТА, 2009. Вып. 24. С. 91–94.
3. *Кондращенко В.А.* Разработка новейших биотехнологий получения ДВП мокрым способом. Режим доступа: www.vniidrev.balabanovo.ru

4. Кротов Л.Н., Ослонович В.Н. Температурные поля, поля влажности и давление в древесине при высокотемпературной сушке // Тр. СТИ. Т. III «Лиственница». Красноярск: СТИ, 1968. С. 408–419.

5. Никитин В.М., Оболенская А.В., Щеголев В.П. Химия древесины и целлюлозы: учеб. пособие для студ. вузов. М.: Лесн. пром-сть, 1978. 366 с.

6. Рейтлингер С.А. Проницаемость полимерных материалов. М.: Химия, 1974. 272 с.

7. Уразаев В.А. Растворители // Технологии электронной промышленности. 2006. № 1. С. 44–49.

8. Харук Е.В. Проницаемость древесины газами и жидкостями. Новосибирск: Наука, 1976. 189 с.

9. Фенгел Д. Древесина (химия, ультраструктура, реакции). Пер. с англ. Д. Фенгел, Г. Вегенер; под ред. А.А. Леоновича. М.: Лесн. пром-сть, 1988. 512 с.

Sh.G. Zaripov, V.N. Ermolin
Siberian State Technological University

Overpressure in Hardwood Sawn Timber under Low-Temperature Convective Drying

Hypothesis on overpressure formation in hardwood sawn timber resulting from gas-vapor mixture generation under low-temperature convective drying is substantiated. The nature of overpressure formation refers to physical-and-chemical processes taking place in wood under these temperatures.

Keywords: overpressure, Siberian larch, convective drying, physical-and-chemical processes.
