

При оборотном теплоснабжении, требующем подогрева отработавшей воды, термический КПД процесса увеличивается и стремится к 1, и не имеет значения, какой теплоноситель поступает в секцию.

Дополнительным источником экономии тепловой энергии и сырья является операция окорки древесины, которая способствует увеличению производительности бассейна, оборудования; сокращению расхода теплоты на нагревание коры, оттаивание льда на поверхности кряжей до 15 % от общего расхода теплоты; уменьшению загрязненности секций, расхода режущего инструмента на 25 %. Окорка древесины позволяет осуществить отсортировку фанерного сырья. Проведенные исследования окорки мерзлых лесоматериалов подтвердили возможность выполнения этой операции на окорочном оборудовании.

На низком уровне находятся операции контроля и управления процессом. Контроль температуры воды в секции осуществляется с применением переносных жидкостных термометров, а управление процессом производится вручную.

Применение на данной технологической операции системы автоматического регулирования температуры в бассейнах позволило бы снизить энергозатраты на прогрев сырья на 25 %, повысить качество прогрева древесины, лущеного шпона и уменьшить диаметр карандаша. В мировой практике на данной операции применяют автоматизированные системы контроля и управления процессом на базе компьютерной техники.

Таким образом, наблюдается тенденция к увеличению поставок тонкомера и пиловочника, что ведет к росту расхода сырья на 1 м³ фанеры. Источником экономии расхода сырья и тепловой энергии является переход на подготовку сырья по следующей технологии: сортирование, окорка, тепловая обработка и разделка.

Разработка и внедрение системы автоматического управления тепловой обработкой сырья является необходимым условием получения качественного шпона, снижения затрат энергии и сырья на производство 1 м³ фанеры.

УДК 674.047

Н.В. Вилейшикова, аспирант; Л.Ф. Донченко, доцент; В.Б. Снопков, доцент

ИЗУЧЕНИЕ РЕЖИМОВ НАЧАЛЬНОГО ПРОГРЕВА ДРЕВЕСИНЫ В НЕНАСЫЩЕННОЙ СРЕДЕ

The results of investigation of the preliminary heating of lumber are given.

Начальный прогрев является важной и ответственной стадией процесса сушки древесины. От правильности выбора режима начального прогрева во многом зависит качество высушенных пиломатериалов.

В соответствии с общепринятой практикой и Руководящими техническими материалами по технологии камерной сушки древесины [1], для безопасного начального прогрева перед сушкой в камере создается высокая степень насыщенности среды при повышенной, по сравнению с первой ступенью режима сушки, температуре. Для создания высокой степени насыщенности психрометрическую разность поддерживают на уровне 0,5 – 1,5 °С. Древесину выдерживают при указанных параметрах до тех пор, пока разность между температурой среды и температурой в центре доски не достигнет 3 °С. После этого температура среды снижается до уровня первой ступени сушки без отключения циркуляционной системы сушильной камеры. При соблюдении такого ре-

жима прогрева не происходит снижения влажности поверхностных слоев древесины и, следовательно, накопления в материале напряжений. Это делает операцию начального прогрева безопасной, но удлиняет процесс, т. к. собственно сушки на данной стадии не происходит.

Нами была проведена работа по исследованию возможности проведения операции начального прогрева древесины в ненасыщенной среде. Изучение режимов начального прогрева производилось с использованием лабораторной установки для сушки древесины. Вместимость сушильной камеры составляет $0,86 \text{ м}^3$ полезного пространства. Поперечно-вертикальная циркуляция воздуха осуществляется с помощью двух осевых вентиляторов. Для нагрева воздуха камера оборудована электрокалорифером. Максимальная температура агента сушки в камере составляет $90 \text{ }^\circ\text{C}$. Температура обрабатываемого агента по сухому термометру поддерживается с точностью $\pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$, по смоченному термометру $\pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$. Степень насыщенности изменяется в пределах от 10 до почти 100 %. В качестве опытного материала использовались обрезные сосновые доски размером $40 \times 150 \times 1000 \text{ мм}$ и начальной влажностью 45 – 49 %.

Проведенные нами предварительные исследования показали, что полные напряжения в древесине, прогреваемой при температуре $82 \text{ }^\circ\text{C}$ и психрометрической разности до $10 \text{ }^\circ\text{C}$, не превышают предела прочности древесины, однако при таком прогреве происходит быстрое накопление остаточных напряжений. Таким образом, основной задачей эксперимента являлся поиск путей снижения остаточных напряжений перед переходом на первую стадию сушки.

Операция начального прогрева была разделена на два периода: собственно прогрев и охлаждение. В процессе первого из них осуществлялся прогрев материала при работающих калориферах и вентиляторах. Температура по сухому термометру в этот период во всех опытах поддерживалась на уровне $82 \text{ }^\circ\text{C}$, а психрометрическая разность в опытах № 2, 5, 6, 7 принимала значения 5, 6, 8 и $10 \text{ }^\circ\text{C}$ соответственно. В опыте № 3 прогрев материала до температуры в центре доски, равной $30 \text{ }^\circ\text{C}$, осуществлялся при психрометрической разности $2 \text{ }^\circ\text{C}$, затем – при психрометрической разности $5 \text{ }^\circ\text{C}$. Опыт № 4 аналогичен опыту № 3 с той разницей, что прогрев древесины в насыщенной среде производился до температуры $40 \text{ }^\circ\text{C}$.

После того как температура в центре доски принимала значение, равное температуре поверхностного слоя древесины, осуществлялся переход к периоду охлаждения. Снижение температуры среды во время периода охлаждения обеспечивалось отключением калориферов и вентиляторов. Психрометрическая разность в периоды охлаждения не регулировалась.

Кроме перечисленных опытных режимов начального прогрева, был также произведен прогрев древесины традиционным способом (опыт № 1).

Использованные режимы начального прогрева, а также общая продолжительность периодов нагревания и охлаждения указаны в табл. 1.

Таблица 1

Режимы начального прогрева

| Номер опыта | Период | Параметры среды | | Продолжительность периода, мин |
|-------------|------------|-----------------|-----------|--------------------------------|
| | | Tс, °C | Tм, °C | |
| 1 | Прогрев | 82 | 1,5 | 260 |
| 2 | Прогрев | 82 | 5 | 300 |
| | Охлаждение | | не контр. | 300 |
| 3 | Прогрев | 82 | 2 | 80 |
| | Прогрев | 82 | 5 | 240 |
| | Охлаждение | | не контр. | 300 |
| 4 | Прогрев | 82 | 2 | 90 |
| | Прогрев | 82 | 5 | 225 |
| | Охлаждение | | не контр. | 180 |
| 5 | Прогрев | 82 | 6 | 320 |
| | Охлаждение | | не контр. | 300 |
| 6 | Прогрев | 82 | 8 | 305 |
| | Охлаждение | | не контр. | 300 |
| 7 | Прогрев | 82 | 10 | 318 |
| | Охлаждение | | не контр. | 300 |

Таблица 2

Результаты измерений

| № опыта | Период | Время от начала периода, ч | Температура в центре доски, °C | | Влажность, % | | Остаточные напряжения в наружном слое, МПа | |
|---------|--------|----------------------------|--------------------------------|--------|--------------|--------|--|--------|
| | | | T нач. | T кон. | W нач. | W кон. | σ нач. | σ кон. |
| 1 | Прогр. | 4,3 | 12,0 | 76,9 | 48,19 | 48,01 | 0,00 | 0,10 |
| 2 | Прогр. | 5,0 | 17,0 | 77,1 | 46,22 | 38,42 | 0,00 | 0,84 |
| | Охл. | 3,0 | 77,1 | 70,5 | 38,42 | 38,11 | 0,84 | 0,26 |
| | | 4,0 | 70,5 | 68,2 | 38,11 | 36,21 | 0,26 | -0,15 |
| | | 5,0 | 68,2 | 65,1 | 36,21 | 34,15 | -0,15 | -0,24 |
| 3 | Прогр. | 5,1 | 17,0 | 76,4 | 47,22 | 42,45 | 0,00 | 0,48 |
| | Охл. | 3,0 | 76,4 | 71,1 | 42,45 | 41,00 | 0,48 | -0,50 |
| | | 4,0 | 71,1 | 68,5 | 41,00 | 38,76 | -0,50 | -0,54 |
| | | 5,0 | 68,5 | 65,5 | 38,76 | 36,95 | -0,54 | -0,48 |
| 4 | Прогр. | 5,1 | 17,0 | 76,2 | 47,94 | 44,13 | 0,00 | 0,37 |
| | Охл. | 2,0 | 76,2 | 75,3 | 44,13 | 43,99 | 0,37 | -0,31 |
| | | 3,0 | 75,3 | 69,4 | 43,99 | 43,02 | -0,31 | -0,58 |
| 5 | Прогр. | 5,1 | 17,0 | 75,2 | 47,13 | 38,21 | 0,00 | 1,21 |
| | Охл. | 3,0 | 75,2 | 72,1 | 38,21 | 37,86 | 1,21 | 0,63 |
| | | 4,0 | 72,1 | 69,2 | 37,86 | 37,12 | 0,63 | 0,50 |
| | | 5,0 | 69,2 | 65,2 | 37,12 | 36,14 | 0,50 | 0,43 |
| 6 | Прогр. | 5,2 | 17,0 | 74,3 | 45,26 | 32,31 | 0,00 | 1,68 |
| | Охл. | 3,0 | 74,3 | 71,4 | 32,31 | 32,27 | 1,68 | 1,12 |
| | | 4,0 | 71,4 | 68,5 | 32,27 | 31,85 | 1,12 | 0,84 |
| | | 5,0 | 68,5 | 64,6 | 31,85 | 31,73 | 0,84 | 0,79 |
| 7 | Прогр. | 5,2 | 15,0 | 72,3 | 49,84 | 32,42 | 0,00 | 2,16 |
| | Охл. | 3,0 | 72,3 | 70,7 | 32,42 | 32,45 | 2,16 | 1,44 |
| | | 4,0 | 70,7 | 67,4 | 32,45 | 30,33 | 1,44 | 1,28 |
| | | 5,0 | 67,4 | 63,8 | 30,33 | 28,48 | 1,28 | 1,25 |

Для оценки состояния нагреваемой древесины в ходе эксперимента контролировали следующие показатели:

- 1) влажность материала в начале и в конце периодов нагрева и охлаждения;
- 2) перепад влажности по толщине материала;
- 3) температуру древесины в центре доски по толщине и на расстоянии 2 мм от ее поверхности;
- 4) остаточные напряжения в четырех точках по толщине материала. Измерения производились в начале и в конце периода нагрева, а также с интервалом в 1 час в процессе охлаждения.

Результаты выполненных измерений приведены в табл. 2.

На рис. 1. приведены графические зависимости, которые показывают изменение величины остаточных напряжений в наружных слоях пиломатериалов во время охлаждения.

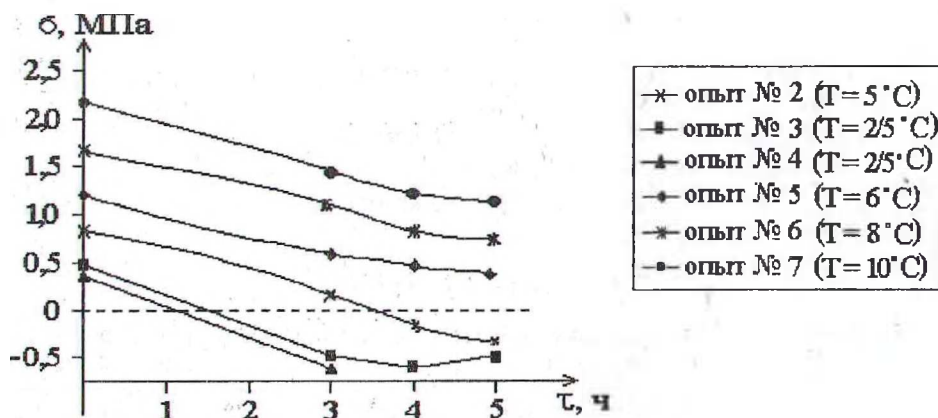


Рис. 1. Изменение величины остаточных напряжений в процессе охлаждения

Анализ экспериментальных данных показывает, что в процессе нагрева древесины в ненасыщенной среде происходит накопление значительных по величине остаточных напряжений. При этом, если психрометрическая разность среды в период прогрева поддерживалась выше 5 °С, возникающие напряжения превышают предел прочности древесины на растяжение (опыты № 5, 6, 7). После отключения систем обогрева и циркуляции агента сушки (период охлаждения) остаточные напряжения в материале начинают снижаться и в отдельных случаях удается добиться полной их релаксации (опыты № 2, 3, 4). Это явление может быть объяснено следующим образом.

В период охлаждения температура воздуха и, соответственно, поверхности материала уменьшаются. Температура в центре доски снижается с меньшей скоростью и на определенном отрезке времени становится выше температуры поверхностных слоев. В этот период движение влаги к поверхности происходит под действием градиентов температуры и влажности. Степень насыщенности сушильного агента возрастает, что приводит к постепенному замедлению процесса испарения влаги и сушки пиломатериалов соответственно. В то же время увеличивается влажность поверхностных слоев, т.е. происходит выравнивание влажности по толщине досок и остаточные напряжения в результате уменьшаются. Другими словами, в период охлаждения происходит влаготеплообработка материала, которая, однако, не удлиняет процесс сушки, т.к. увлажнение поверхности происходит за счет влаги, содержащейся во внутренних слоях, а не привнесенной извне.

Высказанное предположение подтверждается при анализе закономерностей изменения температуры сушильного агента и древесины. В качестве примера на рис. 2 представлены температурные зависимости, полученные в опыте № 2.

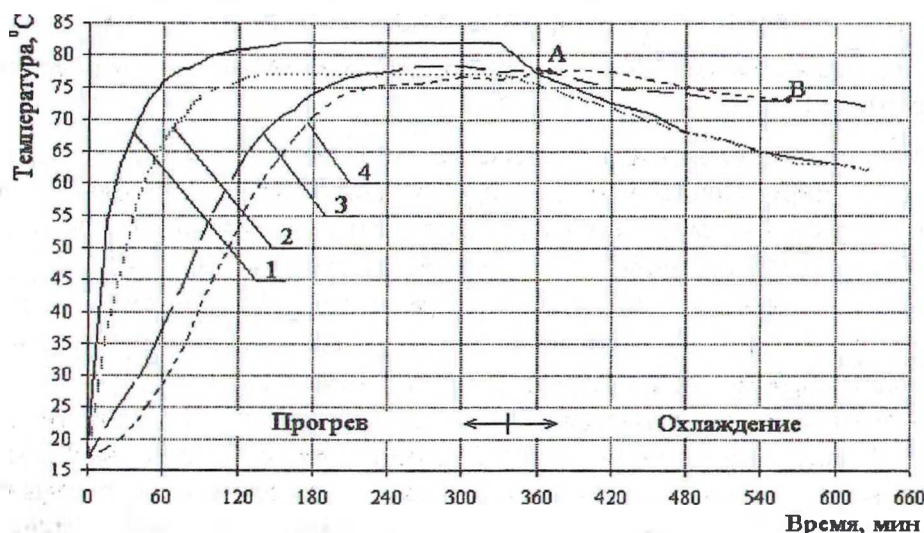


Рис. 2. Температурные зависимости (опыт № 2): 1 – температура обрабатывающего агента по сухому термометру; 2 – температура обрабатывающего агента по влажному термометру; 3 – температура поверхностных слоев древесины; 4 – температура в центре сортимента

В данном случае интервал времени, в течении которого температура в центре материала превышает температуру поверхности составляет 3,0 ч (от точки А до точки В). Остаточные напряжения в материале при этом снижаются до нуля (см. рис. 1). При прогреве материала по схеме опытов № 3 и 4 стадия охлаждения может быть завершена уже через 1,5 и 1,2 ч соответственно ввиду полной релаксации материала. В случае опытов № 5, 6, 7 за время «эффективного» охлаждения (в течении которого происходит перераспределение влаги по толщине материала) остаточные напряжения удастся снизить лишь до 0,56, 0,93 и 1,34 МПа соответственно. После выравнивания температуры по толщине материала процесс уменьшения напряжений резко замедляется, а затем и прекращается. Необходимо также отметить, что в опытах № 3, 4 снятие остаточных напряжений происходит без снижения температуры в центре древесины, в то время как в опыте № 2 температура центра снижается на 4 °С, что ведет к некоторому нежелательному уменьшению коэффициента влагопроводности древесины и затрате дополнительной энергии на повторный прогрев материала.

Таким образом, наиболее рациональным режимом прогрева исследуемого материала следует признать режим, использованный в опыте № 3, т. к. по сравнению с режимом № 4 он обеспечивает большую скорость сушки без потери качества материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Руководящие технические материалы по технологии камерной сушки древесины. – Архангельск: ЦНИИМОД, 1985.