

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ТЕРМОМОДИФИЦИРОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

Д.А. Ахметова, Р.В. Данилова

Проведены экспериментальные исследования по термомодифицированию пиломатериалов в условиях вакуумно-кондуктивных аппаратов. Предложенная технология позволяет не только значительно интенсифицировать процесс, но снизить энергозатраты за счет предотвращения потерь тепла в окружающую среду.

Ключевые слова: древесина, термомодификация, энергосбережение

Experimental researches on thermomodification of saw-timbers are spent in conditions vacuum-conductive devices. The offered technology allows not only to intensify process considerably, but it allows to lower power inputs at the expense of prevention of losses of heat in environment.

Keywords: wood, termomodifikatsiya, energy saving

Повышение эффективности деревообрабатывающих производств и коэффициента использования древесины местных и привозных пород в настоящее время для России является одной из актуальных задач. Без инновационных технологий и разработки новой концепции глубокой переработки эта задача не решается даже при использовании новейшего импортного оборудования. Нужна новая базовая технология, позволяющая пересмотреть вопросы использования древесины, в том числе низкосортной, для нужд деревянного домостроения и мебельного производства.

По-новому посмотреть на привычные конструкции и изделия из древесины, модернизировать их в соответствии с новыми возможностями и современными требованиями позволяет технология термомодификации древесины, поднимающая глубину переработки и продукцию из древесины на новый конкурентоспособный уровень.

Вследствие постепенного сужения возможных областей использования химически обработанной древесины и всё более ужесточающихся требований к самим химическим составам, что, в частности, видно из запрета Еврокомиссией применять древесину, обработанную антисептиками,

содержащими соли тяжелых металлов, рынок потребления термообработанной древесины в последние годы постоянно расширяется. Кроме того, в странах Евросоюза уже запрещено применять в качестве упаковочного материала для отправки грузов древесину, не прошедшую термообработку.

О темпах роста европейского рынка термомодифицирования древесины можно судить по следующим цифрам: в 2000 году в Европе было использовано около 70 тыс. м³ термодревесины, а в 2004 году – уже около 125 тыс. м³; в настоящее время, по имеющимся данным, объем обрабатываемой и применяемой термодревесины достигает 300 тыс. м³. Подобные темпы роста вполне объяснимы, поскольку термообработка значительно улучшает эксплуатационные свойства древесины: повышается биологическая стойкость, снижается равновесная влажность, сокращается коэффициент разбухания древесины при увлажнении, существенно уменьшается возможность проникновения воды в материал, увеличивается твердость, улучшаются декоративные свойства и т.д.

Емкость российского рынка термомодифицированной древесины, согласно предваритель-

ным анализам, составляет не менее 100-125 тыс. м³ в год. Однако в настоящее время развитие российского рынка термодревесины сдерживается, во-первых, низкой позиционированностью как среди пиломатериалов, так и среди продуктов глубокой переработки древесины и, во-вторых, из-за высоких цен, поскольку практически всё имеющееся в России оборудование зарубежного производства и поэтому предприятия завышают цену для максимально возможного снижения срока их окупаемости.

При этом известные в настоящее время технологии термомодифицирования древесины в процессе термообработки для защиты материала от кислорода, а также подвода тепловой энергии используют водяной пар в различных состояниях (насыщенный или перегретый) или жидкую среду, что зачастую приводит к быстрому износу дорогостоящего оборудования, вследствие воздействия высокотемпературной агрессивной среды. Кроме того, все известные способы термомодифицирования рациональны лишь для крупнотоннажных производств, ввиду высоких энергозатрат на ведение процесса. В тоже время в деревообрабатывающем производстве широкое применение нашли вакуумно-кондуктивные сушильные камеры, которые ввиду своего конструктивного решения как раз и целесообразны для предприятий малых форм предпринимательства, поскольку отличаются повышенным энергосбережением, вследствие исключения тепловых потерь в окружающую среду. Однако возможность использования вакуумно-кондуктивной технологии применительно к термомодифицированию древесины до сих пор никем не был исследован.

При этом использование вакуума позволяет не только предотвратить потери тепла в окружающую среду и избежать воспламенения древесины, но произвести улов ценных летучих компонентов, удаляемых из неё в процессе воздействия высокой температуры. Кроме того, подвод тепла от нагретой поверхности позволяет значительно интенсифицировать процесс, а использование дополнительной подпрессовки материала

дает возможность получить новый вид термодревесины с улучшенными свойствами.

Поэтому на кафедре архитектуры и дизайна изделий из древесины Казанского государственного технологического университета были проведены экспериментальные исследования по термомодификации пиломатериалов в условиях вакуумно-кондуктивных аппаратов.

При термомодифицировании древесины в условиях вакуумно-кондуктивных аппаратов в качестве нагревательных элементов предлагается использовать металлические плиты специальной конструкции (рис. 1), представляющие собой две перфорированные металлические пластины с установленными между ними электронагревательными кабелями. Перфорация металлических пластин обеспечивает отвод с поверхности пиломатериала испаряющейся влаги и продуктов разложения древесины.

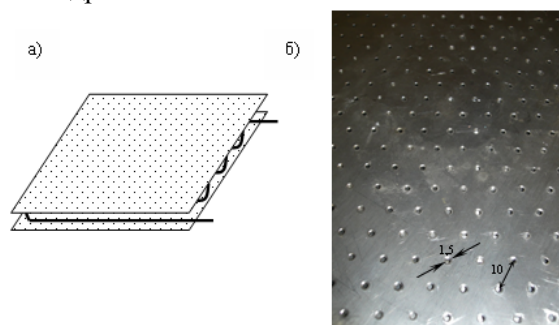


Рис. 1. Нагревательный элемент: а – схема; б – внешний вид

Разрезание в аппарате осуществляется с помощью линии вакуумирования, включающей внутренний и внешний конденсаторы и вакуумный насос. С целью проведения кондиционирующей обработки материала установка может быть дополнена парогенератором.

При формировании штабеля пиломатериалы укладываются между двумя нагревательными элементами, таким образом, что подвод тепловой энергии осуществлялся одновременно к обоим пластям пиломатериала, обеспечивая симметричное распределение температуры и влажности древесины.

Процесс термомодифицирования древесины можно представить как совокупность стадий прогрева, сушки, непосредственно термического модифицирования и охлаждения (рис. 2).

Процесс начинается с прогрева высушиваемой древесины путем включения в работу нагре-

вательных элементов. Процесс осуществляется при атмосферном давлении среды с целью минимизации удаления влаги из материала в процессе прогрева, что особенно важно в зимний период времени.

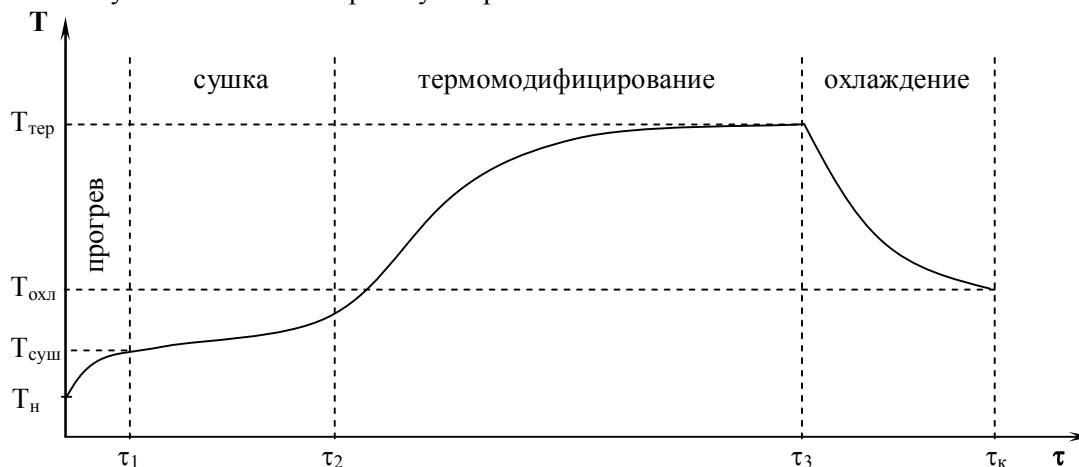


Рис. 2. Схема ведения процесса термомодифицирования древесины

Начало стадии сушки до абсолютно сухого состояния материала τ_1 ознаменовывается достижением древесиной заданной температуры сушки $T_{\text{суш}}$ (рис. 2). При этом начальная влажность древесины, подвергающейся термомодифицированию, в зависимости от условий производства может быть различной: при наличии на предприятии конвективных сушильных камер целесообразна традиционная сушка пиломатериалов (в этом случае начальная влажность древесины, подготовленной к термическому модифицированию, составляет 7 - 12 %); при отсутствии возможности предварительной сторонней подсушки пиломатериалов – удаление влаги из древесины возможно непосредственно в вакуумно-кондуктивной камере. В этом случае нами предлагается технология вакуумно-кондуктивной сушки с периодическим подводом тепловой энергии, которая основана на чередовании стадий прогрева и вакуумирования [2, 3]. На стадии прогрева происходит накопление тепловой энергии, после чего включением конденсатора и ва-

куумного насоса начинается стадия вакуумирования, в процессе которой происходит интенсивное удаление влаги из древесины через перфорации нагревательных пластин. В процессе вакуумирования происходит отключение электронагревательных элементов, и сушка древесины происходит за счет предварительно аккумулированной тепловой энергии. При отсутствии подвода тепла извне температура материала падает, а вследствие того, что испарение идет с поверхности, её температура ниже температуры в центре материала. Возникающий температурный градиент совпадает по направлению с градиентом влажностного содержания и тем самым интенсифицирует перенос удаляемой влаги. После создания в камере рабочего вакуума, материал еще сохраняет тепловую энергию достаточную для удаления влаги, поэтому высушиваемый пиломатериал выдерживается при остаточном давлении до снижения температуры в центре материала до значения, при котором градиент температуры не будет оказывать существенного влияния на процесс удале-

ния влаги. После завершения стадии вакуумирования цикл «прогрев-вакуум» повторяется. Количество циклов определяется толщиной пиломатериала и породой древесины.

Предложенная технология вакуумно-кондуктивной сушки с периодическим подводом тепловой энергии позволяет избежать больших перепадов влажности по толщине пиломатериала, и, как следствие, значительных сушильных напряжений и больших остаточных деформаций.

В конце процесса сушки, когда среднее влажесодержание пиломатериала снизится до 10 - 12 %, проводят досушку пиломатериала до абсолютно сухого состояния по традиционной вакуумно-кондуктивной технологии: осуществляют постоянный подвод тепловой энергии к материалу при одновременном разрежении в аппарате.

Последующее повышение температуры древесины до 423 °К вызывает начало стадии термического распада. При этом начинается разложение наименее термостойких компонентов древесины с выделением реакционной воды, углекислоты, и некоторых других продуктов, изменяется химический и элементарный состав древесины. Стадия начального разложения древесины эндотермична, и поэтому проводится при подводе тепловой энергии. С целью предотвращения самопроизвольного возгорания древесины процесс термомодифицирования проводят в условиях вакуума, для этого в работу включены конденсаторы для улова летучих компонентов и водокольцевой вакуумный насос. Температура 543 °К определяет начало экзотермической реакции, что может привести к неконтролируемому разложению древесины, поэтому температура нагревательных элементов $T_{\text{тер}}$, при которой происходит термическое модифицирование, не должна превышать 533 °К.

После окончания процесса термомодифицирования древесину необходимо лишить способности самовозгораться. Для этого древесину необходимо охладить до $T_{\text{охл}} = 393 - 403$ °К. С этой целью при выключенном вакуумном насосе в камеру подают водяной пар из парогенератора.

Пар, попадая в вакуумное пространство, моментально охлаждается до соответствующей температуры насыщения, а дальнейший контакт с горячим термодеревом вызывает его перегрев, поэтому для поддержания в камере заданной температуры среды в работе остается внутренний конденсатор. После снижения температуры термодерева до заданного значения производят разгерметизацию камеры и извлечение материала. Кондиционирующую обработку производят в штабелях в специально отведенном для этого помещении.

Сосновые пиломатериалы, полученные в результате проведенных экспериментальных исследований по термомодифицированию, были подвергнуты анализу цветовой гаммы в зависимости от температуры и продолжительности тепловой обработки. Для проведения цветового анализа предварительно была отсканирована текстура полученной термомодифицированной древесины и с помощью компьютерной программы Instant Color Picker v. 2.5.0.23 был получен цветовой код в системе кодировки цвета RGB. Система кодировки цвета RGB – самая естественная система, построена на 3 основных цветах. Каждый из цветов R-Красный, G-Зеленый и B-Синий имеет один из 256 уровней интенсивности. Эту систему еще называют аддитивной, потому что с увеличением яркости отдельных цветов результирующий цвет тоже становится ярче. При равной интенсивности всех трех цветов, получаются градации серого, при максимальной яркости – белый, при отсутствии – черный. С точки зрения обработки изображения на экране компьютера, эта цветовая модель является наиболее удобной, так как обеспечивает доступ ко всем 16 миллионам цветов, которые могут быть выведены на экран. На основе полученных таким образом цветковых кодов были построены графические зависимости изменения интенсивности составляющих цветовой гаммы (красного, зеленого и синего) термодревеси сосны в зависимости от температуры и продолжительности обработки, представленные на рис. 3.

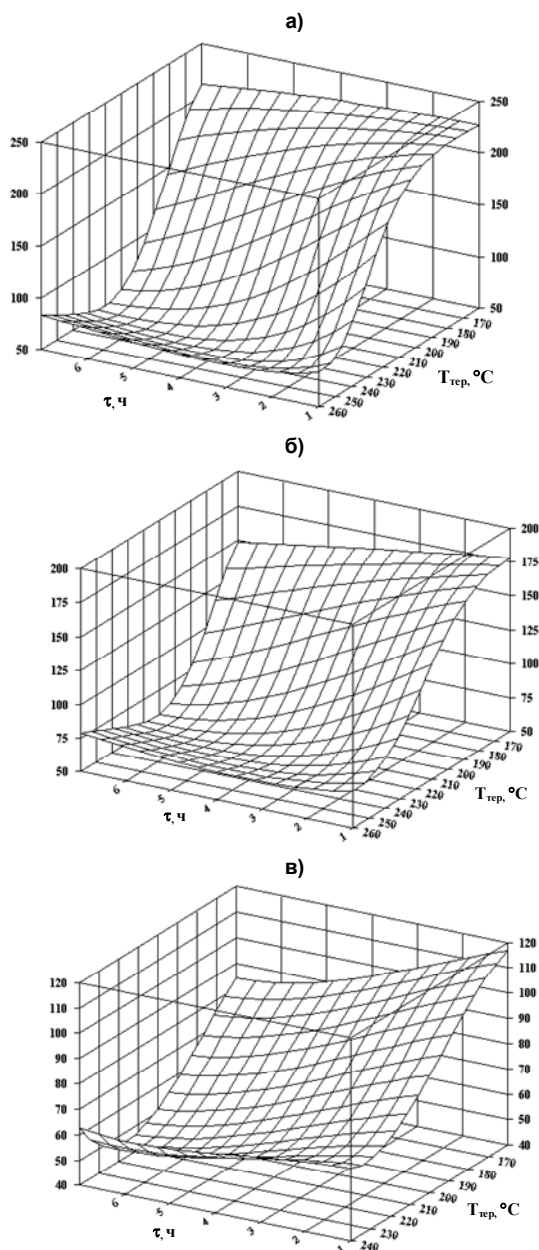


Рис. 3. Изменение составляющих цветовой гаммы сосны в зависимости от температуры и продолжительности обработки: а – интенсивность красного цвета; б – интенсивность зеленого цвета; в – интенсивность синего цвета

В результате аппроксимации экспериментальных данных получены аналитические уравнения интенсивности составляющих цветовой гаммы сосны в зависимости от температуры и продолжительности обработки:

$$R = \frac{204.1187 - 9.797\tau - 1.58t + 0.1386\tau^2 + 0.0031t^2 + 0.0378\tau \cdot t}{1 - 0.056\tau - 0.0081t + 0.00067\tau^2 + 1.66 \cdot 10^{-5}t^2 + 0.00025\tau \cdot t}$$

$$G = \frac{157.33 - 8.449\tau - 1.245t + 0.132\tau^2 + 0.002556t^2 + 0.032\tau \cdot t}{1 - 0.052\tau - 0.00846t + 0.000485\tau^2 + 1.88 \cdot 10^{-5}t^2 + 0.00023\tau \cdot t}$$

$$B = \frac{-1217.088 + 44.48\tau + 22.112t - 0.3375\tau^2 - 0.118t^2 - 0.571\tau \cdot t + 0.12\tau^3 + 0.0002t + 0.00164\tau \cdot t^2 - 0.00375\tau^2 \cdot t}{1 - 0.052\tau - 0.00846t + 0.000485\tau^2 + 1.88 \cdot 10^{-5}t^2 + 0.00023\tau \cdot t}$$

Величина достоверности аппроксимации R^2 для представленных аналитических уравнений составляет более 0,993.

Таким образом, задавая температуру и продолжительность обработки, можно прогнозировать интенсивности красного, зеленого и синего составляющих для последующего визуального представления цвета термомодифицированной древесины с помощью стандартных компьютерных программ.

Список литературы

1. Сафин Р.Р. Вакуумно-кондуктивная сушка капиллярнопористых коллоидных материалов с периодическим подводом тепловой энергии / Р.Р. Сафин, Р.Г. Сафин, Л.Р. Юнусов, Д.А. Ахметова // Известия ВУЗов. Химия и химическая технология. 2007. Т. 50. Вып. 11. С. 88-89.

2. Сафин Р.Р. Совершенствование режимов сушки пиломатериалов в вакуумно-кондуктивных камерах / Р.Р. Сафин, З.Р. Мустафин, А.Н. Чернышёв // Деревообрабатывающая промышленность. 2007. № 2. С. 6-7.