

Таким образом, разработанная методика позволяет составить и рассчитать несимметричные поставы, обеспечивающие рациональный раскрой бревен на шпалы и обрезные доски. При распиловке бревен диаметром больше 34 см следует выпиливать две шпалы и обрезные доски.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Песоцкий, А.Н. Лесопильное производство / А.Н. Песоцкий. – Москва: Лесная пром-сть, 1970. – С. 54–55.
2. Батин, Н.А. Раскрой пиловочного сырья на пиломатериалы: учеб.метод. пособие курса «Технология лесопильно-деревообрабатывающих производств» / Н.А. Батин. – Минск: БТИ им. С. М. Кирова, 1985. – С. 24–25.
3. Янушкевич, А.А. Технология лесопильного производства: учебник / А.А. Янушкевич. – Минск: БГТУ, 2010. – С. 78–95.

### МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

*Н.В. Мазаник, Д.П. Бабич, О.Г. Рудак*

*Беларусь, Белорусский государственный технологический университет, г. Минск*

**Введение.** Известно, что скорость сушки пиломатериалов, как и качество сушки, напрямую зависят от правильности выбора режима. Под режимом понимают расписание состояния сушильного агента на входе в штабель. Данное состояние характеризуется не менее чем двумя параметрами. Одним из них традиционно является температура воздуха. Второй параметр прямо либо косвенно характеризует его влажностное состояние. Так, в руководящих технических материалах, регламентирующих режимы сушки в Республике Беларусь и в Российской Федерации, в качестве параметров используются психрометрическая разность ( $\Delta t$ , °С) и степень насыщенности ( $\phi$ , %) [1]. В режимах сушки, применяемых в странах Европы, влажность воздуха указывается косвенно через величину равновесной влажности древесины, которая зависит от влажности воздуха.

Нужно отметить, что способ контроля влажностного состояния воздуха в сушильной камере зависит в первую очередь от системы автоматического контроля, установленной в ней. Подавляющее большинство крупных производителей сушильных камер предлагают потребителю самостоятельно выбрать систему автоматического регулирования в зависимости от своих предпочтений.

**Основная часть.** Датчики климата, предлагаемые различными производителями, отличаются в основном способом контроля влажностного состояния сушильного агента. Возможны три варианта датчиков влажности: психрометры, датчики равновесной влажности либо электронные датчики относительной влажности воздуха.

Как известно, психрометры являются наиболее традиционными и хорошо изученными приборами для контроля состояния воздуха. Несомненные достоинства использования психрометров – дешевизна, простота и надежность конструкции, низкая инерционность, малая погрешность измерения. В то же время практиками сушки древесины отмечаются и недостатки психрометров. К ним, например, принято относить необходимость постоянно подливать воду для смачивания мокрого термометра. При эксплуатации ткань, с которой происходит испарение, и сами термометры покрываются налетом, что искажает показания психрометра. При использовании термопар нужен специальный термокомпенсационный провод, имеющий достаточно высокую стоимость. И наконец, в качестве главного недостатка психрометров указывает-



Рис. 1. Зависимость показаний психрометра от скорости циркуляции сушильного агента:

- 1 – температура по сухому термометру;
- 2 – температура по мокрому термометру;
- 3 – психрометрическая разность

ся зависимость его показаний от скорости циркуляции окружающего воздуха. Данная зависимость объясняется влиянием циркуляции на скорость испарения влаги с тканевого покрытия мокрого термометра.

Мы провели эксперимент для изучения степени влияния скорости воздуха на показания стационарного психрометра. Скорость воздушного потока измерялась с помощью чашечного анемометра. Результаты эксперимента представлены на рисунке 1.

Анализируя приведенные графики можно видеть, что психрометрическая разность при отсутствии циркуляции воздуха существенно меньше, что связано со скоплением паров влаги в непосредственной близости от смоченного термометра. При увеличении скорости циркуляции зависимость становится пологой, и при скорости свыше 2,5 м/с показания психрометра изменяются уже незначительно. Таким образом, скорость потока агента сушки, обтекающего смоченный термометр, должна быть не менее 2 м/с, а желательнее более 2,5 м/с.

Датчики равновесной влажности (UGL-датчики) получили большую популярность у некоторых европейских производителей сушильных камер. Конструктивно UGL-датчик представляет собой пластину из древесины или прессованной целлюлозы, закрепленную между двумя электродами. По величине электрического сопротивления с поправкой по температуре прогнозируется равновесная влажность древесины в заданном климате. К достоинствам такого способа контроля состояния воздуха можно отнести дешевизну целлюлозной пластины, а также удобство применения в автоматике сушильных камер, поскольку большинство европейских режимов сушки основано на управлении через потенциал сушки, т. е. отношение текущей влажности древесины к ее равновесной влажности. При использовании датчиков других типов приходится преобразовывать результаты измерения в равновесную влажность. Кроме того, для датчика UGL в отличие от психрометров не требуется подвод воды.

Однако UGL-датчики имеют два очень существенных недостатка. Это большая инерционность измерения (продолжительность реакции датчика на изменение фактического климата в камере составляет десятки минут) и большая погрешность измерения, особенно при высокой влажности воздуха. Эти особенности UGL-датчиков приводят к периодическим нарушениям в режиме сушки пиломатериалов, особенно на первых фазах процесса [2].

Электронные емкостные датчики относительной влажности, способные работать в условиях сушильных камер для древесины, появились сравнительно недавно. Вообще, для измерения относительной влажности воздуха могут использоваться датчики, основанные на различных физических принципах. Выделяют три основных типа аналоговых датчиков: емкостные, резистивные, основанные на измерении теплопроводности. Емкостные датчики влажности в настоящее время получили наибольшее распространение. Такие датчики конструктивно состоят из подложки, на которой крепится тонкопленочный полимерный или металлооксидный материал, расположенный между двумя электродами. При этом металлический электрод с рабочей стороны датчика выполняется пористым. Он пропускает пары влаги и обеспечивает защиту датчика от загрязнения и конденсата. Подложка может изготавливаться из стекла, керамики или кремния (рис. 2). Изменения в диэлектрической константе емкостного датчика влажности практически прямо пропорциональны относительной влажности окружающего воздуха.

Электронные емкостные датчики имеют относительно невысокую точность (3–5% относительной влажности). Инерционность датчиков изначально составляла более 15 мин, однако наиболее современные варианты производства американской корпорации «Honeywell» имеют быстрое действие около 0,5–2 мин. Датчики требуют периодической градуировки и обязательно должны иметь систему температурной компенсации. Вероятность отказа датчика из-за загрязнения влагопоглощающего слоя достаточно велика. Кроме того, это самый дорогой вид датчиков. Их стоимость в 4–5 раз выше стоимости психрометров. К достоинствам электронного датчика можно отнести отсутствие необходимости в обслуживании после каждого цикла сушки. Время отклика и точность измерения при высокой степени насыщенности воздуха предположительно выше, чем у UGL-пластин.

Мы сравнили время отклика электронного датчика и психрометра при изменении относительной влажности воздуха от 50% до состояния насыщения ( $\varphi = 100\%$ ). Результаты данного эксперимента приведены на рисунке 3.

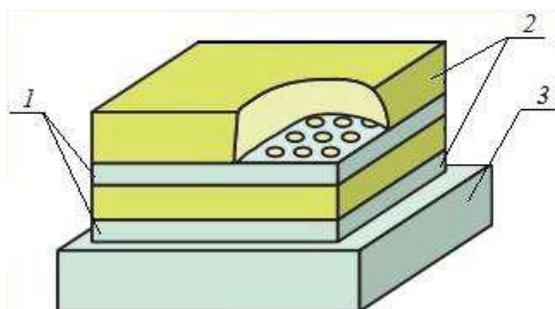


Рис. 2. Емкостный датчик относительной влажности:  
1 – электроды; 2 – терморезистивный полимер; 3 – кремниевая подложка

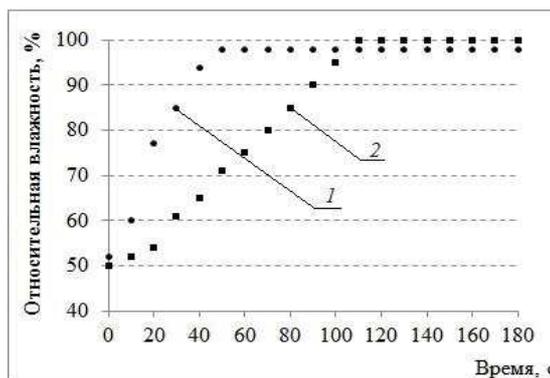


Рис. 3. Экспериментальные кривые отклика датчиков влажности:  
1 – кривая показаний электронного датчика;  
2 – кривая показаний психрометра

Можно видеть, что время отклика у электронного датчика составило 50 с, у психрометра – 110 с, т. е. в 2,2 раза больше. В то же время психрометр показал истинное значение относительной влажности (100 %), в то время как максимальное значение в соответствии с электронным датчиком равнялось 98%.

**Заключение.** Подводя итоги данного обзора, отметим, что при объективном рассмотрении достоинств и недостатков различных видов датчиков следует признать, что оптимальными по соотношению цена – качество являются дистанционные психрометры. Их особенности, считающиеся недостатками, легко устранимы при соблюдении ряда простых правил эксплуатации, таких как установка в потоке агента со скоростью циркуляции не менее 2 м/с, использование умягченной воды с автоматической стабилизацией ее уровня, применение термодпар, не требующих термокомпенсации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Руководящие технические материалы по технологии камерной сушки пиломатериалов. – Архангельск: ЦНИИМОД, 2000. – 125 с.
2. Лызенко, А.В. Анализ точности регулирования процесса сушки / А.В. Лызенко, В.Ю.Буданов, Л.Л. Кротова // Лесной и химический комплексы – проблемы и решения: сб. ст. по материалам Всерос. науч.-практ. конф. – Красноярск: СГТУ, 2007. – С. 42–45.

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ ЦИРКУЛЯЦИИ СУШИЛЬНОГО АГЕНТА ПРИ СУШКЕ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ В КАМЕРАХ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

*Н.В. Мазаник, Д.П. Бабич, О.Г. Рудак*

*Беларусь, Белорусский государственный технологический университет, г. Минск*

**Введение.** В современных условиях постоянного роста цен на энергоносители вопросы энергосбережения приобретают ключевое значение с точки зрения обеспечения конкурентоспособности продукции деревообработки. Особенно заметный эффект мероприятия, направленные на снижение расхода энергии, имеют в таком энергоемком процессе, как сушка пиломатериалов. В настоящее время известно достаточно много способов уменьшения потребления тепловой энергии.

В то же время гораздо более редкими являются исследовательские работы, направленные на оптимизацию потребления электрической энергии при сушке. Большинство из них концентрируются вокруг проблем сокращения аэродинамических потерь за счет оптимизации сечений циркуляционных каналов и совершенствования конструкций вентиляторов. Однако наиболее интересным и перспективным направлением исследований представляется разработка режимов сушки с