

тельность пропитки сосновых шпал со средним содержанием заболони 30–40 % и температуре антисептика 50 ± 2 °С составляет 90–120 мин.

Таким образом, предлагаемое защитное средство удовлетворяет действующим в странах СНГ требованиям ГОСТа 30495, ГОСТа 30704. Шпалопродукция, пропитанная им, соответствует параметрам защищенности по ГОСТу 20022.0. Предлагаемый пропиточный состав равномерно распределяется в шпале, замедляет процесс естественной сушки древесины после пропитки и, как следствие, предотвращает ее растрескивание. Одним из преимуществ применения разработанной технологии пропитки деревянной шпалопродукции является исключение необходимости подогревания пропиточного состава до температуры в пределах 95 °С. Данная технология требует дополнительного оборудования для приготовления пропиточного состава в виде эмульсии, однако позволяет снизить материальные затраты на пропитку и уменьшить количество вредных выбросов в окружающую среду. Предлагаемая технология позволяет снизить себестоимость пропитанных шпал и имеет промышленное внедрение на ОАО «Борисовский шпалопропиточный завод».

Библиографический список

1. Бротте Т. Различие скандинавских и российских стандартов по защитной обработке древесины / Т. Бротте, Е. Варфоломеева, О. Мартинсен // Лесной журнал. – 2002. – № 3.
2. Колесников В.Л. Компьютерное моделирование и оптимизация химико-технологических систем: учеб. пособие [для студентов химико-технологических специальностей] / В.Л. Колесников, И.М. Жарский, П.П. Урбанович. – Минск: БГТУ, 2004. – 532 с.
3. Божелко И.К. Определение долговечности защитных средств для древесины. Ресурсо- и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии: матер. междунар. научно-техн. конф., Минск, 24–26 ноября 2010 г. / И.К. Божелко. – Минск: БГТУ, 2010. – С. 423–426.

О.Н. Ведерников, В.В. Сергеев, Б.Е. Меньшиков
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
leskpao@mail.ru

КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ (COMPLEXES FOR DRYING TIMBER)

Использование древесных отходов для сушки древесины путем сжигания их в топках (новейших разработок) является весьма актуальным. При этом решаются две важнейших задачи – экологическая и экономическая.

Usage of arboreal waste for drying timber by incineration them in furnaces of the off-the-shelf minings is rather actual. Thus two major problems are decided: ecological and economical.

Классическая технологическая линия по деревообработке обязательно имеет участок сушки древесины. Без качественной сушки нет и не может быть деревообработки. Этот участок является, пожалуй, самым сложным во всей технологической цепи переработки древесины – от растущего в лесу дерева до готового изделия.

И, как показывает опыт, многие предприятия сталкиваются с серьезными проблемами, поскольку специалистов данного профиля не готовит ни один вуз РФ. Тот небольшой курс, который читается в рамках специальности по технологии деревообработки не охватывает всего многообразия вопросов по технологии сушки и конструкциям лесосушильных камер.

В настоящее время в массовой сушке пиломатериалов наибольшее распространение получили конвективные лесосушильные камеры. Основными теплоносителями этих камер является либо горячая вода, либо технологический пар (в меньшей степени).

В этом случае возникает необходимость в котельной, строительство или модернизация которой должны решаться с учетом функционирования всех участков и производственных цехов предприятия не только в летних условиях, но и в зимних:

1. Необходимо предусматривать обязательное отопление всех цехов, и, в первую очередь, цехов деревообработки.

2. Обеспечение теплоносителем в достаточном количестве всего блока сушильных камер (не менее $5-7 \text{ кДж}/(\text{с} \cdot \text{м}^3)$).

Выполнение указанных требований вызывает ряд проблем, которые необходимо решать совместно со строительством сушильных камер, так как большинство предприятий создается на полностью приведенных в упадок или новых строительных площадках, и прокладка коммуникационных тепловых сетей на начальном этапе их деятельности практически невыполнима (за исключением воздушной).

Альтернативой классическому теплоснабжению цехов деревообработки и участка сушки является обогрев помещений и рабочих объемов камер потоками рециркулирующего воздушного потока, являющегося теплоносителем (энтальпия которого повышена при прохождении через внутренний объем жаротрубного теплообменника, находящегося в рабочем объеме топки или над ней).

Рассмотрим данный способ теплоснабжения и принципиальные схемы тепловоздушной (жаротрубной) и калориферной установок на примере сушильной камеры.

Как известно, автономная классическая паровоздушная сушилка включает в себя сушильное помещение, котельный агрегат с топкой и водяные или паровые калориферы. В топке при сжигании различного вида топлив образуются продукты сгорания – раскаленные топочные газы, энтальпия которых превышает две тысячи кДж/кг сухого топочного газа. Поступая к котлу, они превращают воду в пар или просто нагревают ее. Полученные пар или горячая вода по системе трубопроводов поступают в калориферы сушильной камеры, где они отдают свою теплоту агенту сушки. Как видно, вода и пар являются промежуточным теплоносителем, связывающим между собой котел и калорифер, в которых протекают противоположные по направлению процессы поглощения и выделения тепла.

Жаротрубная лесосушильная камера состоит из сушильной зоны рабочего объема установки, топки и теплообменника специальной конструкции, предназначенного для нагревания сушильного агента топочными газами через разделительные плоские стенки или стенки труб. Подогретый воздух по системе воздухопроводов поступает в рабочий объем камеры, смешивается с побуждаемым вентилятором агентом сушки, проходит через штабеля пиломатериалов, где насыщается влагой из древесины и охлаждается. Отработанный агент сушки удаляется из камеры, а некоторая его часть ре-

циркулируется в жаротрубный теплообменник. Таким образом, в этой схеме исключена потребность в сантехнических элементах (таких, как калориферы, конденсатоотводчики, обратные клапаны, вентили и т.д.) в рабочем пространстве камеры и в коридоре управления.

Учитывая требования рынка и конкурентоспособность продукции деревообработки, к качеству сушки пиломатериалов должны предъявляться высокие требования. При этом кроме видимых дефектов сушки (трещины и коробление, которые не допускаются и являются браком сушки), влияющих на себестоимость изделий за счет увеличения коэффициента расхода пиломатериалов, большую роль играют влажностные показатели качества высушенных пиломатериалов (отклонение конечной влажности от среднего её значения; перепад влажности по толщине сортамента и наличие внутренних напряжений, являющихся результатом неравномерной усушки материала). Достижение требуемого качества пиломатериалов обеспечивается применением специальных температурно-влажностно-временных режимов и, в большей степени, конструкцией сушильных камер, в которых должно поддерживаться соответствующее равномерное (основное требование) температурно-влажностное поле в рабочей зоне сушильного пространства (в штабелях пиломатериалов) и технически грамотным выбором теплового оборудования.

Таким образом, выполнение высоких требований к качеству древесины возможно лишь при условии комплексного решения организационных, технических и технологических элементов сушки.

Как известно, с такого рода источниками тепла лесосушильные камеры появились на рынке в последние годы прошлого столетия, и выпускаются различными предприятиями: ООО «Макил» (УВН), ООО «Мехмаш», ООО «Босфор» (Мобитес), ООО «Союз» («Георгий», «Емеля») и многими другими. Имеются единичные примеры изготовления подобных установок силами самих предприятий (гораздо ранее их широкого внедрения, 1996–2000 г.г.), например, в ОАО «Кыновской ЛПХ» (Пермский край).

Однако следует учесть, что при сушке непосредственно нагретым воздухом возникает необходимость в получении определенных параметров теплоносителя и одновременно в образовании желательных параметров сушильного агента с тем, чтобы увязать процессы горения топлива и сушки материала в единый тепловлагодобменный процесс. При этом необходимо получить оптимальные параметры процесса горения и одновременно осуществить процесс сушки с наибольшим технико-экономическим и технологическим эффектом.

А вот это противоречие не решено. В большинстве вышеперечисленных сушильных агрегатах рециркуляция агента сушки осуществляется в вынесенном вне сушильного пространства центробежном вентиляторе, подогрев воздуха происходит в теплообменнике, также вынесенном за пределы сушильной камеры, кроме того у них имеется отбор агента сушки на поддув топки, что в комплексе принципиально не позволяет достичь и поддержать высокую влажность агента сушки. Таким образом, нет возможности организовать начальный прогрев пиломатериалов, конечную влаготеплообработку и (при необходимости) кондиционирование пиломатериала. Даже применение специальной увлажнительной системы (внутри жаротрубного теплообменника) мало спасает положение, так как становится невозможным сжигать высоковлажные отходы лесопиления. В классических топках подсушенный опил горит только по поверхности бурта. В процессе горения нижние слои опила пиролизуются (к ним не поступает кислород воздуха), что приводит к закоксовке и далее – к выгоранию чугунной колосниковой решетки топки. Эффективность работы такой установки с подобной топкой

составляет 10–15 % номинальной. Влажный опил и технологическая щепа в колосниковых топках без ворошения горят неудовлетворительно.

Производители рекомендуют в такие моменты переходить на сухое топливо, что крайне неудобно и не всегда выполнимо, а при сжигании хвойных пород появляется опасность засмоления дымовых каналов.

В современных камерах должна быть обеспечена равномерная скорость циркуляции воздуха по материалу, а воздухообмен камеры должен обеспечивать стабильные параметры агента сушки, как по показаниям сухого, в особенности смоченного, термометров. Слабыми звеньями в аэродинамике камер являются:

- система забора-подачи воздуха для повторного подогрева;
- равномерное распределение и смешение горячего воздуха с агентом сушки;
- конструкция приточно-вытяжных каналов.

Итак, лесосушильные камеры указанного типа характеризуются неотработанной конструкцией и технологией сушки и, как следствие, низким качеством сушки пиломатериалов (III категория качества сушки).

В этом смысле интерес представляет тепловоздушный сушильный агрегат ВН-250 Екатеринбургской фирмы «Строник», оборудованный компактной универсальной топкой (при габаритах каменноугольной котельной установки мощность топки при работе на древесных отходах на 20 % больше), позволяющей сжигать в любом соотношении и практически любой влажности (даже более 60 % без предварительной досушки) кусковые и мягкие отходы деревообработки, лесопиления, различные угли, сланцы и другие виды топлив.

Принцип работы основан на теплообмене между продуктами сгорания отходов деревообработки (сжигаемых в топке горнового горения) и воздухом.

Для увеличения интенсивности горения использована технология горения в *«кипящем слое»* (по терминологии прошлого века – псевдокипящий слой), который представляет собой вертикальное возвратно-поступательное движение твёрдых частиц в газовом потоке.

Технология горения в кипящем слое позволяет частицам топлива гореть по всей поверхности частицы. В случае горения мелких частиц эффективность горения увеличивается в сотни раз. Горение отходов деревообработки в кипящем слое – это высокотемпературное (1000 °С) бушующее пламя, заполняющее весь объем топки. Мелкофракционное топливо подается сверху, проходя через пламя, частицы нагреваются. В нижней части частицы падают на воздушную подушку, которая их подбрасывает. Совершая возвратно-поступательное движение, частицы топлива нагреваются, высыхают и сгорают.

Преимуществом топок «Строник» является отсутствие подвижных деталей и простота в изготовлении.

Коробление конструкции топки из-за высокого градиента температур отсутствует благодаря полусвободному креплению колосников. Стабильно-мелкая фракция получаемой золы позволила отказаться от традиционных устройств удаления золы (1 % от массы сжигаемого топлива) из топки, что привело к стабильной её работе (жаротрубный воздухонагреватель устойчиво работает при любой потребляемой мощности от 10 до 100 % номинальной). При этом временная постель превращается в постоянную, а низкая теплопроводность золы позволяет полностью отказаться от классической колосниковой решетки, она заменена стальной цилиндрической.

При комплектации лесосушильных камер с мощной равномерной циркуляцией агента сушки по пиломатериалу (по предложению О.Н. Ведерникова, см. рис. 1) рассмотренным выше теплообменником ВН-250, имеющим устройства увлажнения воздуха и автоматики управления процессом сушки, можно ожидать, что на рынке деревообрабатывающего оборудования появится перспективная и сравнительно дешевая автономная установка (рис. 2).

Преимущества новых сушильных комплексов:

- предельная дешевизна получаемой тепловой энергии;
- утилизация отходов лесопиления и деревообработки;
- надежность эксплуатации на топливе влажностью более 60 % ;
- отсутствие опасности размораживания в отличие от водяных систем;
- минимальные капитальные и эксплуатационные расходы;
- высокая культура производства;
- минимальное электропотребление;
- минимальные габариты;
- быстрый монтаж;
- комплексы не подлежат регистрации Госкотлонадзора;
- срок окупаемости менее одного года.

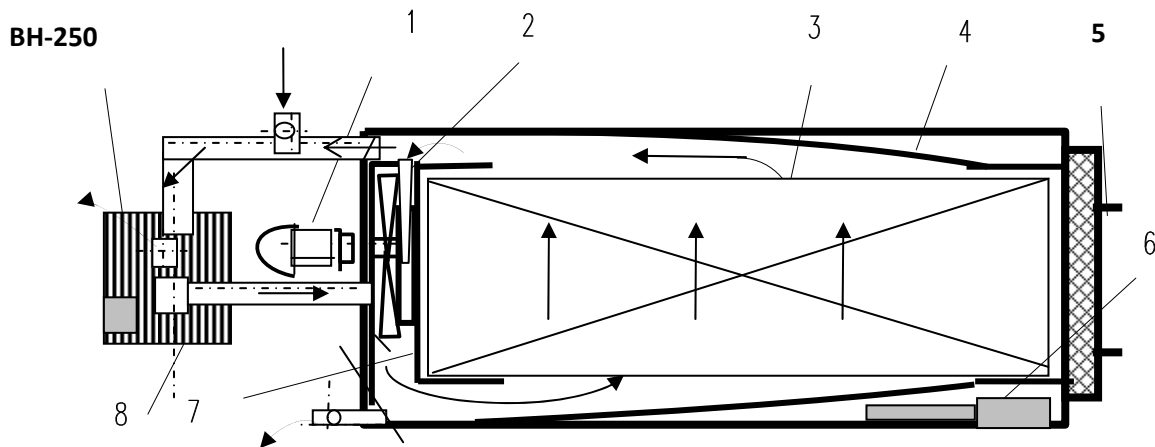


Рис. 1. Сушильная камера для предприятий малого бизнеса:

1 – электропривод центробежного вентилятора – побудителя циркуляции воздуха в рабочем объеме камеры; 2 – конфузор для подачи воздуха из штабеля во всасывающее отверстие кожуха вентилятора; 3 – штабель высушиваемых пиломатериалов; 4 – боковая поверхность криволинейно-сопряженного отсасывающего воздуховода; 5 – рельсовый путь камеры; 6 – электропсихрометр системы автоматического управления камерой; 7 – «П»-образный предвентиляторный экран; 8 – жаротрубный теплообменник с топкой

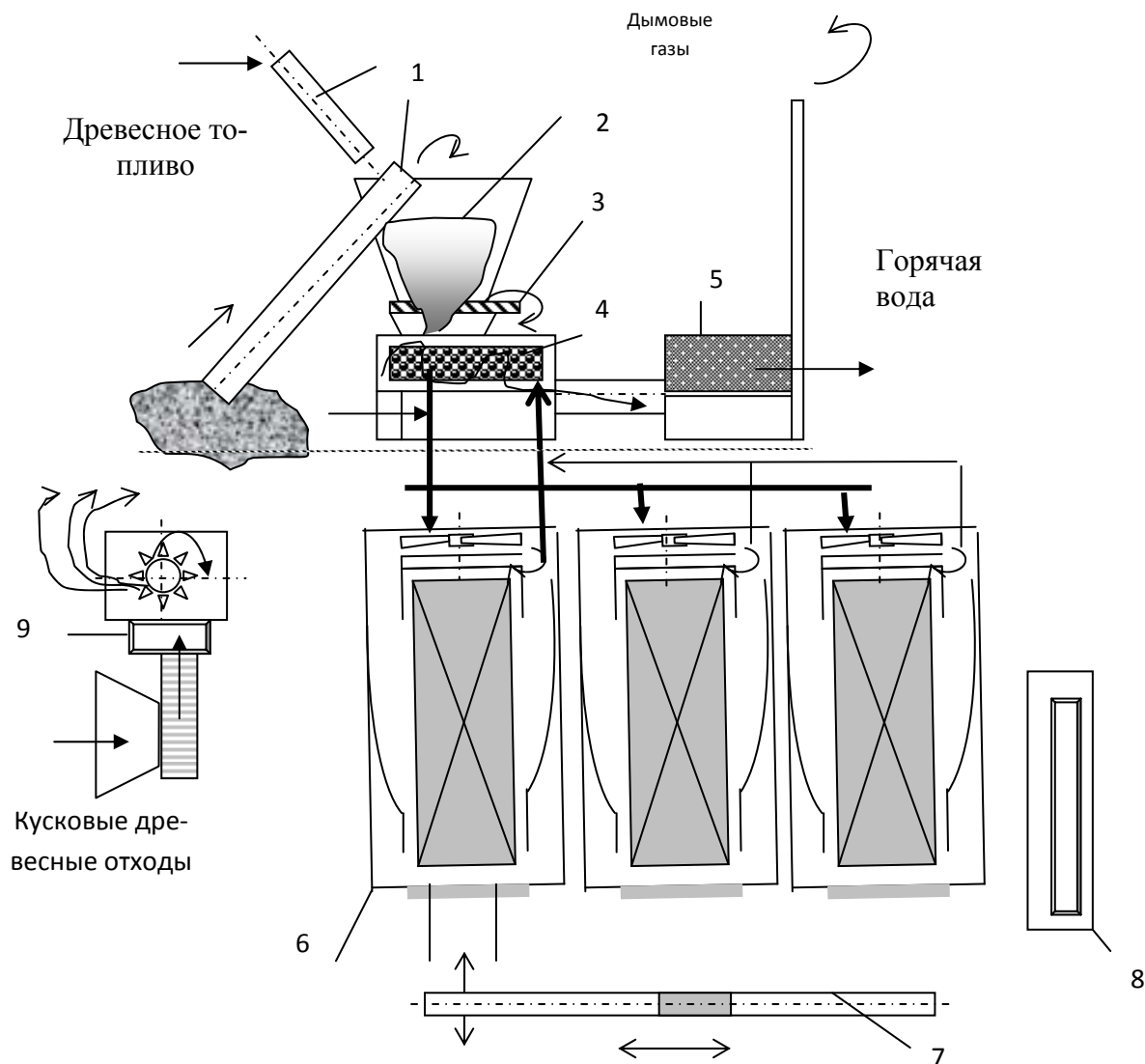


Рис. 2. Блок-схема сушильного автоматизированного комплекса:

1 – пневмотранспортные трубы; 2 – бункер-накопитель мягких древесных отходов; 3 – шнек-дозатор подачи отходов в топку; 4 – топка с жаротрубным теплообменником; 5 – водогрейный котел; 6 – блок лесосушильных камер; 7 – электротельфер или кран-балка для формирования и перемещения пакетов штабелей пиломатериалов; 8 – автоматическая система регулирования температуры внутри топки, воды в котле и температурно-влажностных параметров режимных параметров воздуха в рабочем объёме сушильной камеры; 9 – транспортер и устройство дробления кусковых древесных отходов