

С.А. Бондарь

## БЕЗКАЛОРИФЕРНАЯ КОНВЕКТИВНАЯ КАМЕРА ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ В СРЕДЕ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ СЖИЖЕННОГО ИЛИ ПРИРОДНОГО ГАЗА.

Метод сушки древесины в среде топочных газов от сгорания древесных отходов разработан и широко применялся в нашей стране с середины прошлого века. Камеры сушки пиломатериалов непрерывного и периодического действия, в которых реализован этот метод, получили название газовых. Во все редакции «Руководящих материалов» и ГОСТов по этой теме включены разделы по режимам сушки для газовых камер. Несомненные преимущества и очевидные недостатки газовых камер описаны в специальной литературе по данному вопросу. В это же время предлагалось в качестве перспективного направления использовать для сжигания и природный газ. Однако нам не удалось найти достоверных сведений по технологии проведения, срокам и качественным результатам сушки по этому методу, особенно для пиломатериалов твёрдолиственных пород.

Привлекательность применения метода сушки древесины в среде топочных газов с точки зрения его простоты, снижения затрат на техническую реализацию и экономичности побудила нас в 1999 году провести работы по разработке технологии, конструированию и производству первой опытно-промышленной контейнерной камеры периодического действия для конвективной сушки пиломатериалов в среде продуктов сгорания сжиженного (пропана) или природного газа. Полученные в ходе её эксплуатации очень обнадеживающие результаты позволили нам после внесения ряда конструктивных доработок и уточнения технологии перейти к серийному выпуску камер «Энергия». В дальнейшем на базе этих камер были созданы камеры термомодификации древесины (ТМД) без перезагрузки после предварительной конвективной сушки «Энергия ТМ».

Камера представляет собой морской 12-ти метровый контейнер, утеплённый снаружи (стены, пол, потолок) 100 мм слоем минваты и обшитый оцинкованным профнастилом. Внутри и снаружи камеры имеются рельсовые пути с откидной секцией для открывания ворот. По этим путям передвигается тележка со штабелем. Камера и наружные пути установлены с небольшим уклоном внутрь для облегчения закатывания штабеля. Для выкатывания используется ручная лебёдка. Ворота контейнера также утеплены с внутренней стороны, обшиты нержавеющей сталью и тщательно уплотнены силиконовым профилем. Пол контейнера имеет нержавеющее покрытие. Внутреннее пространство камеры разделено на три части. Это - отсек штабеля и примыкающий к нему отсек теплогенератора, имеющие общий контур циркуляции агента сушки, обеспечиваемой двумя осевыми вентиляторами, установленными в металлическом экране между этими отсеками, и комната управления. Комната управления находится за герметичной теплоизолирующей перегородкой толщиной 100 мм. В ней расположены шкафы с оборудованием и узлы ввода вращения с электродвигателями привода маршевых вентиляторов. Комната управления имеет остеклённый дверной проём с приточной воздушной решёткой. Передача вращения в отсек теплогенератора осуществляется посредством удлинённых валов с опорами подшипников, размещённых внутри стальной трубы, проходящей через перегородку и имеющей высокотемпературное уплотнение выходного конца вала. Узел ввода вращения выполнен в виде сборочной единицы и съёмным для удобства в обслуживании и ремонте.

Непосредственно за воротами располагается отсек с рельсовыми путями для закатывания подштабельной тележки. Рельсовые пути уложены под углом к осевой линии таким образом, что при закатывании тележки между внутренней стенкой камеры и штабелем образуется своего рода раздаточный коллектор-клиновидное пространство, упирающееся в глубине отсека в панель с

обечайками расположенных друг над другом осевых вентиляторов и сходящее на нет у ворот . Такая геометрия обеспечивает равномерную раздачу агента сушки при его циркуляции через штабель. Прошедший через штабель поток возвращается назад под тележкой. Над штабелем на стальном тросе подвешена плита ж/б прижима весом до 4 тн. Трос протянут через уплотнение в трубчатом проходе сквозь крышу камеры и посредством системы блоков подводится к ручной тали, закреплённой на металлоконструкции наружной стены камеры.

При закатывании и выкатывании штабеля прижим поднят до упора, при сушке- свободно опущен на штабель, обеспечивая при сушке сохранение геометрии ненагруженных верхних слоёв пиломатериала, при выкаченной тележке прижим для страховки опускается на упорные конструкции внутренних стенок камеры. Для транспортировки камеры прижим опускается на тележку и фиксируется.

В наших камерах используется также вариант фиксации геометрии штабеля с использованием пружинных стяжек на общее усилие 3-4 тн.

Полностью закаченный в камеру штабель упирается своим передним торцом в лёгкую перегородку, разделяющую отсеки и имеющую в своей нижней части проём по высоте тележки для прохода обратного потока агента сушки. На пути к входным раструбам обечаек вентиляторов поток омывает корпус камеры сгорания и далее смешивается с продуктами горения и при необходимости с добавочным воздухом. Количество добавочного воздуха регулируется оборотами вентилятора притока или шибером . Маршевые вентиляторы возвращают поток в раздаточный коллектор. В начальной части коллектора расположены датчики температуры и относительной влажности подаваемой на вход в штабель газовой среды. Избыток агента сушки, образовавшийся за счёт поступления топочных газов, добавочного воздуха и испарившейся из древесины влаги в виде водяного пара, отводится из камеры через вытяжную трубу за счёт естественной тяги или принудительно вентилятором.

Камера сгорания выполнена сварной из стали 4 мм. Внутри установлен блок горелок, закреплённых на передней съёмной панели камеры сгорания. Блок состоит из нескольких атмосферных газовых горелок из нержавеющей стали. Сопла горелок можно переставлять для работы на сжиженном или природном газе. Одна из горелок работает постоянно, остальные включаются и отключаются электромагнитными клапанами по команде системы управления. Блок горелок снабжён электродами поджига и контроля наличия пламени.

В процессе сушки пиломатериал подвергается усушке, в результате чего высота штабеля уменьшается по мере снижения влажности древесины и прижим опускается. По величине этого изменения габарита можно судить о текущей влажности. Для измерений используется линейка или при необходимости автоматизации архивирования – потенциометрический (или любой другой) датчик перемещений. Такой способ измерения текущей средней по штабелю влажности древесины имеет большое преимущество в части достоверности перед измерениями влажности древесины в одной или нескольких точках, обычно выполняемых с помощью игольчатых датчиков электрических влагомеров.

При проведении серии пробных сушек необрезного и обрезного пиломатериала хвойных (сосна, пихта) и твёрдолиственных пород (дуба, ясеня, бука, клёна др.) толщиной от Т=30 до Т=60 мм нами были получены экспериментальные данные, на основании которых были разработаны режимы и определена продолжительность сушки для этих пород и сортов. Качество высушенного по разработанным режимам пиломатериала полностью соответствует требованиям столярно-

мебельного производства. Режимные сроки сушки  $\tau_{реж}$  не превышают рассчитанных  $\tau_{расч}$  для этих сортов в соответствии с исходными продолжительностями  $\tau_{исх}$  и коэффициентами, приведёнными в «Руководящих технических материалах по технологии камерной сушки пиломатериалов» по режимам низкотемпературного процесса в паровоздушных камерах периодического действия. Например, для пород категории- бук, клён, берест, ясень, ильм-толщиной  $T=50$  мм фактическая продолжительность сушки по нашим режимам от влажности древесины  $w=60\%$  до  $w=8\%$  составляет  $\tau_{факт}=14$  сут при  $\tau_{расч}=15$  сут.

Необходимо отметить нетривиальность и научную новизну полученных экспериментальных данных. В частности при сушке в диапазоне значений «w» от начальной влажности древесины  $w_{нач}$  до средней по сечению влажности примерно  $w_{ср} \approx 30\%$  в камере естественным образом (за счёт поступления водяного пара в продуктах сгорания и с поверхности пиломатериала) поддерживается 100%-ная относительная влажность «ф» агента сушки вне зависимости от его температуры (  $t=57^\circ\text{C}$  для 50 мм,  $t=61^\circ\text{C}$  для 32 мм), однако процесс идёт интенсивно (суточное снижение влажности древесины  $\Delta w \approx 5\%/сут$ ), о чём свидетельствует непрерывно нарастающая усадка штабеля «У». В соответствии с существующими на настоящий момент представлениями этого не должно быть. Затем по мере снижения влажности древесины начинается падение относительной влажности газовой среды от  $\phi = 100\%$  с темпом около  $\Delta\phi = 10\%$  в сутки.

При установившейся относительной влажности агента сушки в камере  $\phi = 35\%$  древесина по факту высыхает до влажности  $w = 8-10\%$ , при установившейся  $\phi = 25\%$ - древесина высыхает до  $w = 6-8\%$ . Такая корреляция позволяет отказаться от измерения усадки штабеля и вести управление процессом по значению относительной влажности «ф» агента сушки в камере.

Метод определения текущей влажности пиломатериала «w» и управление процессом сушки по результатам измерения установившейся относительной влажности агента сушки «ф» в камере применяется в наших сушильных установках наряду с методом измерения усушки штабеля «У».

Тот факт, что влажность агента сушки находится на уровне скорее всего чуть ниже  $\phi = 100\%$  в течение примерно всей первой половины времени проведения сушки, означает, что соответственно продлевается процесс т.н «пропарки» и тем самым, вероятно, обеспечивается высокое качество сухого материала.

Необходимо отметить, что со времени получения (в середине 50-х годов прошлого века) аналитических решений уравнений продолжительности сушки для низкотемпературного процесса при начальной влажности древесины, меньшей предела гигроскопичности (  $w_{нач} < w_{пг}$ ), и до настоящего момента не существует таких решений для случая  $w_{нач} > w_{пг}$ .

Расход на сушку 1 куб.м. твёрдолиственной древесины ( бук, клён, ясень ) при толщине сортамента 50 мм- 40 кВт\*час электроэнергии, 40 л пропана или 50 куб.м природного газа (примерно 1,0 тыс. руб на 1,0 куб.м пиломатериала в случае использования СУГ).

Экономичность процесса сушки по нашей технологии обусловлена как отсутствием (15-20)% тепловых потерь с уходящими газами для закрытой камеры сгорания и дополнительно (10-15)% тепловых потерь в теплообменнике для водяных систем обогрева, так и небольшой продолжительностью самого процесса.





Литература:

1. И.В.Кречетов. Сушка древесины топочными газами. 1961.
2. И.В.Кречетов. Сушка древесины. 1972.
3. Руководящие технические материалы по технологии камерной сушки пиломатериалов. Архангельск. 1985.
4. Г.С.Шубин. Физические основы и расчёт процессов сушки древесины. 1973.