

## **Универсальная газовая бескалориферная конвективная контейнерная камера торцевой загрузки с выкатной штабельной тележкой для сушки и термомодификации древесины (ТМД).**

**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**. Наиболее полное описание указанного метода сушки дано в работе его разработчика- корифея отечественной науки в области сушки древесины И.В.Кречетова.**

Во все издания «Руководящих технических материалов по технологии камерной сушки древесины» и ГОСТов по этой теме включены разделы по режимам сушки для **газовых** камер. Несомненные достоинства и очевидные недостатки газовых камер описаны в специальной литературе. Были предложения использовать в качестве перспективного агента сушки продукты сгорания, которые образуются при сжигании природного газа. Однако автору не удалось найти достоверных сведений, касающихся технологии, сроков и качественных результатов сушки по этому методу, особенно для пиломатериалов твердолиственных пород.

Привлекательность применения метода сушки древесины в среде топочных газов с точки зрения его простоты, сокращения затрат на техническую реализацию и топливной экономичности с одной стороны и высокое качество высушенного пиломатериала с другой стороны, побудила автора в 1999 году разработать технологию конвективной сушки пиломатериалов в среде продуктов сгорания СУГ- сжиженного углеводородного газа (пропана) или природного газа, а также сконструировать и изготовить опытно-промышленный образец газовой контейнерной камеры периодического действия для этой технологии. Результаты, полученные в ходе эксплуатации новой камеры, оказались очень обнадеживающими и позволили после внесения ряда конструктивных доработок и уточнения технологии перейти к серийному выпуску сушильных камер «Энергия». В дальнейшем на базе этих камер было создано оборудование для высокотемпературной обработки (термомодификации - ТМД) древесины без перезагрузки после предварительной конвективной сушки – универсальные высокотемпературные сушильные газовые камеры «Энергия ТМ» в контейнерном исполнении. Мобильное контейнерное исполнение камеры позволяет начинать работу при разумных стартовых капитальных вложениях и наращивать производственные сушильные мощности поэтапно по мере необходимости. Этим же объясняется высокая ликвидность оборудования при сворачивании производства.

Камера представляет собой стандартный морской 6-ти или 12-метровый контейнер, утепленный изнутри (стены, пол, потолок) 100-150

миллиметровым слоем базальтовой минеральной ваты, обшитый изнутри листовой нержавеющей сталью толщиной 0,5 мм и снаружи обшитый оцинкованным профнастилом. Нержавеющие листы прижимаются алюминиевой или нержавеющей полосой к стальному профилю обрешётки по слою высокотемпературного силиконового герметика и крепятся нержавеющими саморезами. Внутри и снаружи камеры имеются рельсовые пути с откидной секцией для открывания ворот. По этим путям передвигается одинарная (длина 4,6 м в 6-ти метровом контейнере) или двойная (длина 9,2 м = 2х4,6 м при 12-ти метровом контейнере) тележка со



штабелем. Камера и наружные пути установлены с небольшим уклоном внутрь для облегчения закатывания штабеля и обеспечения слива конденсата. Для выкатывания тележки используется ручная или электрическая лебедка. Ворота контейнера также утеплены с внутренней стороны, обшиты нержавеющей сталью и по периметру тщательно уплотнены высокотемпературным силиконовым профилем. Покрытие пола контейнера выполнено сварным из стального листа толщиной 3 мм. Внутреннее пространство камеры разделено на три части: отсек штабеля и примыкающий к нему отсек теплогенератора (у них общий контур для движения агента сушки, циркуляция которого обеспечивается двумя осевыми вентиляторами, установленными в металлическом экране между этими отсеками), а также комната управления, которая находится за герметичной перегородкой толщиной 150 мм. В этой комнате расположены шкафы с оборудованием и электродвигатели приводов маршевых вентиляторов. Передача вращения в отсек теплогенератора осуществляется посредством



герметизированных удлиненных валов с опорами подшипников, размещенных внутри корпуса из стальной трубы, проходящей через перегородку. Выходные концы валов уплотнены высокотемпературным материалом (фторопласт). В корпуса валов заливается масло для смазки подшипников и обеспечены контроль за уровнем масла и возможность его доливки и слива. Съёмный узел ввода вращения выполнен в виде отдельной сборочной единицы и удобен в обслуживании и ремонте. Остекленный дверной проем комнаты управления оснащен приточной воздушной решеткой.

Непосредственно за воротами расположен 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 своим основанием в панель с обечайками расположенных друг над другом осевых вентиляторов и сходящееся на нет у ворот . Такая геометрия своеобразного клиновидного воздушного коллектора обеспечивает равномерную раздачу агента сушки при его циркуляции через штабель. Прошедший через штабель поток возвращается назад, завершая круг циркуляции под тележкой.

Для того, чтобы обеспечить отсутствие коробления и других деформаций пиломатериала при сушке предусмотрены два способа создания нагрузки на штабель: первый- использование гравитационного прижима в виде железобетонной плиты; второй- использование мощных пружинных стяжек штабеля.

В первом случае над штабелем на стальном тросе подвешена железобетонная плита прижима весом до 5 т. Трос протянут через уплотнение в трубчатом проходе сквозь крышу камеры и посредством системы блоков подводится к ручной тали, закрепленной на металлоконструкции наружной стены камеры.

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

Во втором случае используется вариант фиксации геометрии верхних слоёв штабеля с использованием комплекта мощных пружинных стяжек общим усилием 4–5 т. Пружины стяжек приводятся в рабочее положение с помощью домкратов-натяжителей попарно.



Помещенный в камеру штабель упирается своим передним торцом в легкую перегородку, разделяющую отсеки штабеля и теплогенератора. В нижней части перегородки есть проем по высоте тележки – для прохода обратного потока агента сушки. В отсеке теплогенератора на пути к входным раструбам обечаек вентиляторов поток агента сушки обдувает корпус камеры сгорания с открытой топкой и смешивается с выходящими из неё продуктами горения. Если возникает необходимость снижения относительной влажности газовой среды в камере сушки, к циркулирующему потоку подмешивается добавочный наружный воздух. Объем добавочного воздуха регулируется изменением числа оборотов вентилятора притока или шибером притока. Маршевые вентиляторы возвращают поток в клиновидный раздаточный коллектор. В начальной части коллектора расположены датчики температуры и относительной влажности подаваемой на вход в штабель газовой среды. Избыток агента сушки, образовавшийся в результате поступления в камеру топочных газов, добавочного воздуха и испарившейся из древесины влаги (в виде водяного пара), отводится из камеры через U-образную вытяжную трубу из нержавеющей стали за счет естественной тяги или принудительно – вытяжным вентилятором. Вытяжная труба и выхлопной коллектор топки оборудованы шиберами с электрическими приводами, автоматически закрывающимися при остановке в работе. U-образная конструкция вытяжной трубы с «горячим» коленом внутри камеры и «холодным» коленом снаружи не допускает натекания наружного воздуха в камеру через неплотности шибера при её остановке.

Камера сгорания выполнена сварной, из стали толщиной 4 мм. Внутри нее установлен блок горелок, состоящий из нескольких атмосферных газовых горелок из нержавеющей стали, которые закреплены на передней съемной панели. Сопла горелок можно переставлять, исходя из того на каком – сжиженном или природном газе – ведется работа. Одна из горелок работает постоянно, остальные включаются и отключаются электромагнитными клапанами по команде системы управления. Блок горелок снабжен

электродами поджига и контроля наличия пламени. Камера может также оснащаться дутьевой одно- или двухступенчатой газовой горелкой. Размеры панели для установки дутьевой газовой горелки соответствуют размерам панели для установки атмосферных газовых горелок, таким образом не возникает проблем их взаимозаменяемости. В случае использования горелки на дизельном топливе применяется закрытая камера сгорания, снабжённая жаротрубным теплообменником. Перевод на дизельное топливо также не вызывает технических трудностей, т.к. размеры основных элементов системы нагрева совпадают. Вывод продуктов сгорания наружу осуществляется через отдельный газоход, проход для которого предусмотрен и в газовом варианте.

В процессе сушки пиломатериал подвергается усушке, в результате чего по мере снижения влажности древесины высота штабеля уменьшается, и прижим опускается. По величине изменения габаритов штабеля можно судить о текущей влажности высушиваемого материала. Для измерений используется мерная линейка, а при желании автоматизировать процесс и выполнить архивирование – 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 твердолиственных пород (дуба, ясеня, бука, клена и др.) толщиной от 25 до 60 мм были получены экспериментальные данные, на основании которых разработаны режимы сушки и определена продолжительность процесса для этих пород и сортаментов. Качество пиломатериала, высушенного по разработанным нашими специалистами режимам, полностью соответствует требованиям ГОСТа для столярно-мебельного производства. Режимные сроки сушки не превышают продолжительности процессов, рассчитанных для этих сортаментов в соответствии с исходными сроками и коэффициентами, приведенными в «Руководящих технических материалах по технологии камерной сушки пиломатериалов»\* по режимам низкотемпературного процесса в паровоздушных камерах периодического действия. Например, для пород категории бук, клен, берест, ясень, ильм толщиной 50 мм фактическая продолжительность сушки по нашим режимам от влажности древесины 60% до 8% составляет 14 суток при расчетной продолжительности 15 суток.

При сушке в диапазоне значений от начальной влажности древесины « $w_{нач}$ » до влажности древесины « $w$ » примерно 30% в камере естественным образом (за счет поступления водяного пара, содержащегося в продуктах сгорания, а также с поверхности пиломатериала) поддерживается примерно 100%-ная относительная влажность агента сушки « $\phi$ » вне зависимости от его температуры  $t$  (57 °С для пиломатериала толщиной 50 мм, 61 °С для

толщины 32 мм), процесс идет интенсивно (суточное снижение влажности древесины ~5%/сут), о чем свидетельствует непрерывно нарастающая усадка штабеля.

Затем, по мере снижения влажности древесины и уменьшения поступления пара в камеру с её поверхности, начинается падение относительной влажности газовой среды «φ» от 100% с темпом около 10% в сутки. Нами было установлено, что при снижении относительной влажности агента сушки в камере до значения φ = 35%, древесина по факту высыхает до средней влажности w = (8–10)%, а при достижении значения относительной влажности агента сушки φ = 30% – древесина высыхает до средней влажности w = (6–8)%. Существование такой корреляции между значениями «w» и «φ» позволяет отказаться от измерений усадки штабеля и вести управление процессом сушки по значению относительной влажности «φ» агента сушки в камере.

Система управления работой камеры выполнена на базе электронного программного задатчика и полностью автоматизирована, хотя не исключается возможность и ручного управления. Обеспечена возможность связи с периферийными устройствами- ПК и мобильными телефонами по GSM.

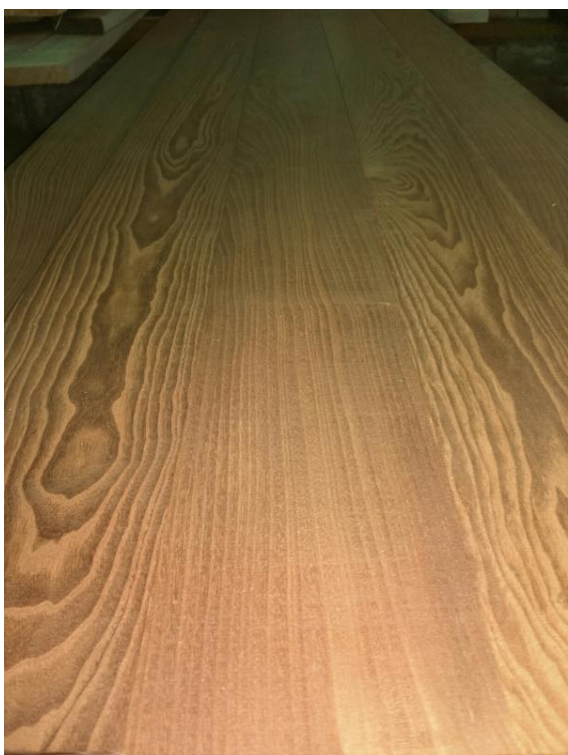
Метод определения текущей влажности пиломатериала и управление процессом сушки по результатам измерения установившейся относительной влажности агента сушки в камере применяется в наших сушильных установках наряду с методом измерения усушки штабеля. Тот факт, что влажность агента сушки «φ» имеет значение чуть ниже 100% в течение примерно всей первой половины времени проведения сушки, означает, что продлевается процесс т. н. «пропарки», и тем самым обеспечивается высокое качество сухого материала.

Расход на сушку 1 м<sup>3</sup> твердолиственной древесины ( бук, клен, ясень ) при толщине сортамента 50 мм – 40 кВт/ч электроэнергии, 40 л пропана или 50 м<sup>3</sup> природного газа (примерно 1,0 тыс. руб на 1,0 м<sup>3</sup> пиломатериала в случае использования СУГ- сжиженного углеводородного газа). Экономичность процесса сушки по нашей технологии обусловлена:

- отсутствием (15–20)% тепловых потерь с уходящими газами, имеющими место для случая использования закрытой камеры сгорания;
- отсутствием (10–15)% тепловых потерь в теплообменнике, имеющих место для водяных систем обогрева;
- наименьшей возможной продолжительностью самого конвективного процесса сушки древесины.

При желании после сушки можно в этой же камере провести процесс высокотемпературной обработки пиломатериала, так называемую его

термомодификацию или ТМД. Температура в камере может при этом достигать от 150 до 220°C в зависимости от необходимой степени структурных и цветовых изменений древесины. Этот процесс также полностью автоматизирован. Предусмотрена возможность проводить ТМД по разным технологиям. Для этого в конструкции камеры заложены технические варианты для их реализации, а также обеспечивается выработка собственного технологического водяного пара. Для обеспечения пожарной безопасности при производстве ТМД- продукции в камере предусмотрены внутренние трубопроводы для пролива штабеля водой.



Практическое использование камер в работе в течение более 15 лет показало их высокую эффективность, неприхотливость в эксплуатации и за счёт достаточно простой конструкции и применения при изготовлении в основном отечественных комплектующих потенциально-высокую ремонтпригодность.

---

**Сергей БОНДАРЬ**

*\*Руководящие технические материалы по технологии камерной сушки пиломатериалов. Архангельск. 1985.*