Введение Одним из основных технологических процессов, оказывающих влияние на качество, себестоимость продукции и продолжительность производственного цикла на деревообрабатывающих предприятиях является сушка древесины. Современные тенденции совершенствования сушильного оборудования носят в последнее время не только эволюционный характер, направленный на улучшение характеристик действующего комплекса, но и революционный, принципиальным образом устраняющий недостатки существующих технологий и оборудования [1, 2].

Основная часть Результаты теоретических и экспериментальных исследований показали, что способ конвективной сушки пиломатериалов в разреженной среде теплоносителя позволяет значительно сократить продолжительность процесса без ущерба качеству, особенно для мягких пород древесины [2, 3]. На основе аналитического и патентного исследования разработана вакуумная установка для реализации исследуемого способа сушки [4, 5]. Внешний вид сушильной камеры представлен на рис. 1.

Рис. 1 - Внешний вид вакуумной сушильной камеры. Получившие наибольшее распространение в аппаратостроении цилиндрические обечайки отличаются простотой изготовления, рациональным расходом материала и хорошей сопротивляемостью давлению среды. Поэтому при конструировании аппаратов, если это не идет в разрез с какими-либо особыми требованиями, предъявляемыми к аппарату, рекомендуется применять цилиндрические обечайки. Цилиндрические обечайки из пластичных материалов при работе аппарата под вакуумом изготавливаются преимущественно из листов вальцовкой с последующим соединением стыков сваркой [6]. При конструировании цилиндрических обечаек, независимо от материала и технологии изготовления, в соответствии с ГОСТ 9617-67 придерживаются внутренних базовых диаметров. Расчетную толщину корпуса сушильной установки, выполненной из стали марки X18H10T, исходя из устойчивости в пределах упругости, можно определять по номограмме, представленной на рис. 2 и полученной для различных диаметров и длин обечайки [7].

Рис. 2 - Номограмма расчета толщины цилиндрических обечаек для вакуумных сушильных камер, выполненных из стали марки X18H10T. Для перемещения агента сушки через штабель пиломатериалов используется центробежный вентилятор № 6 с удаленной улиткой, установленный в торце сушильной камеры. Вентилятор обладает следующими характеристиками: производительность - 31000 м³/ч; напор - 83 кгс/м²; потребляемая мощность на валу электродвигателя - 7,5 кВт. В аппарате организована продольная циркуляция агента сушки относительно штабеля пиломатериалов, поэтому прокладки между рядами досок сделаны специальной конструкции, обеспечивающей прохождение теплоносителя [6, 7]. Скорость циркуляции агента сушки вдоль штабеля пиломатериалов составила 5 м/с. Вращение вентилятора происходит с помощью электродвигателя, расположенного вне

камеры. Для герметизации сушильной камеры разработана упрощенная конструкция ввода вращения, позволяющая снизить себестоимость данного узла. Для откачки воздуха из рабочего пространства аппарата используются водокольцевые вакуумные насосы ВВН1-6. Для создания разрежения в свободном пространстве камеры достаточно использование одного вакуум-насоса, комплектация сушилки вторым насосом необходима для проведения плановых мероприятий по обслуживанию насоса без простоя всего сушильного комплекса. Для передачи теплоты от теплоносителя к сушильному агенту используются масляные калориферы (рис. 3). Калориферы представляют собой замкнутую систему сообщающихся оребренных трубопроводов. Рис. 3 - Расположение калориферов в сушильном аппарате. Нагрев масла происходит в электронагревателе, представляющем систему цилиндров с последовательным соединением, в торцы которых смонтированы трубчатые электронагреватели. Движение горячей органической жидкости между электронагревателем и теплоиспользующим аппаратом (вакуумная сушилка) осуществляется с помощью циркуляционного насоса. Вследствие значительного увеличения объема масла при его нагревании над сушильной установкой установлен расширительный бак. Масло является наиболее дешевым органическим высокотемпературным теплоносителем. Также по сравнению с обогревом перегретой водой обогрев маслом позволяет получать высокую температуру практически без давления в системе [7-10]. Однако минеральные масла обладают низкими коэффициентами теплоотдачи, которые снижаются еще больше при термическом разложении и окислении масел. Их окисление и загрязнение поверхности теплообмена продуктами разложения усиливается в случае работы масел при температурах, близких к их температуре вспышки, и приводит к значительному ухудшению теплопередачи. Поэтому для получения достаточных тепловых нагрузок разность между температурой масла и температурой нагреваемого продукта должна быть не менее 15-20°. Для теплоизоляции сушильной камеры вследствие дешевизны и удобства эксплуатации были использованы маты из стекловаты, максимальная температура эксплуатации которых составляет 150°C, что удовлетворяет условиям работы аппарата. В ходе испытаний сушильная установка наработала в сумме около 1600 часов. За это время до требуемой влажности было высушено порядка 48 м³ разных пород пиломатериалов. В это количество не вошел некондиционный продукт, полученный в ходе пуско-наладочных работ [11, 12]. Регулирование процесса сушки происходило по режимным параметрам, полученным в результате моделирования на ЭВМ процесса сушки соответствующих пород древесины. Для неавтоматизированного управления процесса конвективной сушки при пониженном давлении в аппарате, были разработаны технологические регламенты в зависимости от толщины и различной влажности древесины, которые представлены в таблице 1. Описанные регламенты обеспечивают сушку пиломатериалов по II категории

качества. Указанные в таблице значения могут быть рекомендованы для сушки до 6-8% влажности пиломатериалов. Режимы, регламентируемые в таблицах предназначены для сушильных камер, обеспечивающих скорость циркуляции сушильного агента 5 м/с [13].

Влажность древесины сосны %	Параметры сушильного агента перед штабелем
при толщине пиломатериала, мм	25 - 50 50 - 60
tср	Рост tср
Рост >25	81-86 50 81-84 50 25 88 54 86 56 20 90 62 89 64

Начальный прогрев штабеля пиломатериалов происходит при атмосферном давлении. Чтобы максимально интенсифицировать процесс и минимизировать удаление влаги с поверхности древесины нагрев ведется в среде с высокой степенью насыщения. Продолжительность начального прогрева проводится согласно руководящим техническим материалам по технологии камерной сушки древесины [5, 14-16].

Заключение

Анализ продуктов сушки показал, что отклонение влагосодержания отдельных пиломатериалов от средней влажности по штабелю составило не более 2,5 %; перепад влагосодержания по толщине пиломатериалов не превышает 2 %; условный показатель остаточных напряжений (относительная деформация зубцов силовой секции) не более 1,5%. Кроме того, цветовая гамма высушенной древесины не претерпела заметных изменений. Таким образом, анализ продуктов сушки свидетельствует о II категории качества высушиваемой древесины.