

УДК 674.047

Овчинникова Татьяна Сергеевна
аспирант кафедры управления
в технических системах и инновационных технологий
Уральский государственный лесотехнический университет
Ovchinnikova Tatyana Sergeevna
Ural State Forest Engineering University

**ОБЗОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СОВМЕЩЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ
ВАКУУМНОЙ СУШКИ И ТЕРМОМОДИФИКАЦИИ ДРЕВЕСИНЫ
REVIEW OF EQUIPMENT FOR COMBINED TECHNOLOGY
OF VACUUM DRYING AND THERMAL MODIFICATION OF WOOD**

Аннотация. Статья включает в себя описание специализированных вакуумных камер для сушки древесины с расширенным функционалом, особенности подбора камер, сравнительные характеристики моделей оборудования, элементы конструкций.

Abstract. The article includes a description of specialized vacuum chambers for wood drying with advanced functionality, features of chamber selection, comparative characteristics of equipment models, and structural elements.

Ключевые слова: Оборудование для совмещенной технологии, комбинированные системы, контактный нагрев, конвективный нагрев, вакуумные камеры с расширенным функционалом, максимальная температура, вакуум, автоматизация управления, система охлаждения, система конденсации.

Keywords: Equipment for combined technology, combined systems, contact heating, convective heating, vacuum chambers with advanced functionality, maximum temperature, vacuum, automation control, cooling system, condensation system.

Спрос на качественно высушенную древесину в деревообработке и в строительстве всегда высок. Особенно такая потребность существует на мебельных предприятиях и в столярном производстве, где чаще всего используется качественно древесина ценных пород в виде слэбов, массивных блоков. На таких производствах критически важны не только эксплуатационные характеристики материала, но и минимизация отходов при обработке [2].

Вакуумная сушка позволяет решить эти проблемы на предприятиях. Ее объединение с процессом термомодификации позволяет сократить общее время производства, обеспечивает равномерность прогрева и равномерно удаляет влагу из древесины, минимизируются внутренние напряжения, возникающие при сушке пиломатериала, повышается качество конечного продукта. Ее объединение с процессом термомодификации открывает новые возможности.

При подборе камеры для совмещенной технологии необходимо учитывать такие параметры:

- объем загрузки для малых, средних и крупных предприятий (от 20 м³ до 50 м³);
- максимальную температуру нагрева (не менее 220 °С для термомодификации);
- уровень достигаемого вакуума (до 10мбар);
- контактный тип нагрева для равномерности сушки;
- высокую степень автоматизации;
- рациональное энергопотребление;
- габаритные размеры и требования к помещению;
- возможность, стоимость обслуживания и доступность запасных частей [3].

Сегодня предлагается специализированные вакуумные камеры с расширенным функционалом.

На рынке оборудования представлены следующие модели специализированных вакуумных камер с расширенными возможностями



1. Vacuumterm – камеры с контактным нагревом и глубоким вакуумом, автоматизированное управление всеми этапами, подходят для древесины ценных пород и для пиломатериалов большой толщины, производство Финляндия [3];

2. Nardi – комбинированные системы с конвективным и контактным нагревом, с высокой энергоэффективностью, производство Италия [1];

3. Установки НПО «Победа» – модульная конструкция позволяет масштабировать производство, адаптирована к российским условиям, производитель Россия [6];

4. Камеры КИТ – разработаны для термомодификации древесины, оснащены системами точного контроля параметров, поддерживает различные режимы обработки, производитель Россия [6];

5. TechWood – высокотехнологичные камеры с полной автоматизацией, интеграция с ERP-системами предприятия, расширенные возможности мониторинга и диагностики, производитель Германия [4].

Сравнительные характеристики данных моделей оборудования представлены в таблице 1 [3, 1, 6, 4].

Таблица 1

Сравнительные характеристики специализированных вакуумных камер с расширенными возможностями

Марка	Загрузка, м ³	Энергопотребление, кВтч/м ³	Ограничения по толщине пиломатериала	Особенности
Vacuumterm (Финляндия)	15 – 40	180 – 220	До 300 мм (без ограничений)	Контактный нагрев, глубокий вакуум, высокое качество сушки ценных пород, высокая начальная стоимость
Nardi (Италия)	10 – 30	130 – 160	До 150 мм	Комбинированный нагрев (контактный с конвективным), высокая энергоэффективность
НПО «Победа» (Россия)	12 – 50 (модульно)	200 – 240	До 250 мм	Модульная конструкция, легко масштабируется, адаптирована к климату России, стабилизирована к нестабильному энергоснабжению)
Камеры КИТ (Россия)	8 – 20	190 – 210	До 120 мм	Для термомодификации, контроль температуры и влажности, для мелкосерийного и среднего производства
TechWood (Германия)	15 – 35	150 – 180	До 200 мм	Полная автоматизация, удаленный мониторинг и диагностика, высокая надежность и точность.

Специализированные вакуумные камеры имеют расширенные возможности благодаря своей конструкции.

Рассмотрим основные элементы конструкции:

– герметичный корпус (толстостенная нержавеющая сталь толщиной до 15 мм рассчитан на работу под вакуумом до 10 мбар и при повышенных температурах);



- нагревательные плиты алюминиевые или стальные, обеспечивают прямой контактный нагрев материала;
- ТЭНы (в стенках камеры для конвективного прогрева);
- инфракрасные излучатели (дополнительно для поверхностного прогрева)
- радиочастотные или СВЧ – элементы (для объемного нагрева заготовок большой толщины);
- вакуумная система;
- система конденсации и удаления влаги (теплообменник – конденсатор, дренажная система, сепараторы);
- система охлаждения (водяные или воздушные теплообменники, регулирующие клапаны для плавного снижения температуры);
- автоматизированная система управления (датчики влажности, термопары, датчики давления, интерфейс оператора) [5].

Принцип работы рассматриваемого оборудования имеет следующую последовательность – пиломатериал загружается послойно с нагревательными плитами между рядами с датчиками контроля влажности и температуры, далее происходит этап вакуумной сушки до влажности 6-8%, следующий этап термомодификации при температуре от 160 до 210 °С до 6 часов, на четвертом этапе подача тепла прекращается, происходит охлаждение и кондиционирование. Разгрузка происходит при полном остывании камеры и пиломатериала.

Для надёжной работы оборудования и получения максимального результата необходимо регулярно проверять герметичность камеры, проводить техническое обслуживание, обучать операторов работе с системой управления.

Выбор оборудования зависит от масштаба производства, породы древесины, конечно от бюджета, которым располагает предприятие для обновления оборудования. На рынке представлено современное оборудование от разных производителей из России, Финляндии, Италии, Германии, каждое обладает определенным набором необходимых характеристик.

Совмещение вакуумной сушки и термомодификации в одной камере представляет собой перспективное направление в деревообработке, сочетающее в себе преимущество обоих методов. Технология позволяет получить высококачественную термомодифицированную древесину с минимальными дефектами и энергозатратами.

Список литературы:

1. Militz H. Thermal Treatment of Wood: European Processes and Their Impact on Wood Properties / H. Militz // Proceedings of the International Conference on Modification of Wood. – 2002. – P. 43–50.
2. Рябинов В. Н. Технология и оборудование для вакуумной сушки древесины / В. Н. Рябинов, Б. М. Рыбин // Деревообрабатывающая промышленность. – 2015. – № 3. – С. 12–16.
3. Vacuumterm Oy. Technical Specifications: Vacuum Drying and Thermal Modification Chambers [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.vacuumterm.fi/> (дата обращения: 30.04.2026).
4. Lesprominform. Сушильные камеры с функцией термообработки: обзор решений [Электронный ресурс] // Lesprominform. – URL: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=2357> (дата обращения: 30.04.2026).
5. FaetonSpb. Технологии и установки для сушки и термомодификации древесины [Электронный ресурс] // Faeton-Spb. – URL: <https://faeton-spb.ru/articles/17.05.17.tehnologii-i-ustanovki-dlya-sushki-i-termomodifikacii-drevesini> (дата обращения: 30.04.2026).
6. Zawood. Древесина вакуумной сушки: технологии и особенности пиломатериалов [Электронный ресурс] // Zawood. – URL: <https://zawood.ru/tekhnologii-vakuumnoy-sushki-drevesiny-i-osobennosti-pilomaterialov/> (дата обращения: 30.04.2026)

