
Исследование режимов работы конвективной сушильной камеры с применением конденсационного теплоутилизатора

И.И. Артемов

Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева, Саранск

Аннотация: В данной статье объектом изучения выступает исследовательская сушильная камера конвективного типа, в конструкцию которой внедрен конденсационный теплоутилизатор на базе парокомпрессионного теплового насоса. Процесс сушки пиломатериалов относится к энергозатратным технологиям, так как в себестоимости готовых материалов доля сушки доходит до 50% [1]. В представленном экспериментальном исследовании приведены сравнительные результаты двух режимов работы экспериментальной установки: стандартный (мягкий режим) и режим рециркуляции с конденсационным осушителем. Полученные экспериментальные кривые сушки свидетельствуют, что затраты электрической энергии с учетом варианта с конденсационным утилизатором снизились на 7,75% по сравнению со стандартным.

Ключевые слова: Режимы сушки, сушка, теплонасосная установка, теплоутилизатор, материальный баланс, тепловой баланс, влагосодержание, расход теплоты, экспериментальная установка.

Процесс сушки широко распространен во многих отраслях производства и промышленности, таких, как сушка минеральных удобрений, пиломатериалов, зерна, солей, органических веществ, синтетических красителей, химических волокон, тканей, строительных материалов [1]. Во многих случаях сушка является одной из важнейших операций, определяющих не только качество готовой продукции, но и технико-экономические показатели производства в целом. Высушивание продуктов обеспечивает удаление жидкого компонента, основой которого является вода, однако в большинстве случаев испаряются и органические растворители [2,3]. Существуют различные способы сушки, они основаны на физико-механических методах переноса внутренней влаги в окружающее пространство. Основным ограничением в таких процессах является скорость испарения влаги из внутренней структуры продукта на его поверхность, а также изменение агрегатного состояния в окружающей среде, превращение в

газообразную форму и переход в состав воздушной смеси вблизи продукта [4,5]. Механизм такого переноса обусловлен количеством, формой и энергией связи влаги с материалом. Также удаление излишней влаги из материала можно осуществить при использовании стандартного мягкого режима и технологии с использованием теплонасосной установки в конвективной камере [6,7]. Также в работах таких ученых, как П.А. Кайнов, Ш.Р. Мухаметзянов, И.Ф. Хакимзянов, с целью снижения затрат в процессах вакуумной сушки пиломатериалов была разработана технология попеременной вакуумно-кондуктивной сушки с применением теплового насоса [8].

Данный способ используется и в экспериментальной установке [9,10]. Целью исследования является разработка режимов работы экспериментальной сушильной камеры конвективного типа с конденсационным теплоутилизатором. Общий вид экспериментальной установки представлен на рис. 1.



Рис. 1. – Экспериментальная установка

При проведении испытания экспериментальных режимов измерялись параметры воздуха в точках 1 и 2, которые приведены на принципиальной блок-схеме конвективной сушилки с предварительной осушкой сушильного

агента на рис. 2, а именно: температура, влажность, скорость воздуха при переменных условиях и при различных режимах работы сушильной камеры (мягкий режим и режим с конденсационным осушителем на базе теплонасосной установки), представленных на рис. 3 – 7. Данные показатели фиксировались при помощи портативных приборов МЭС 200А.

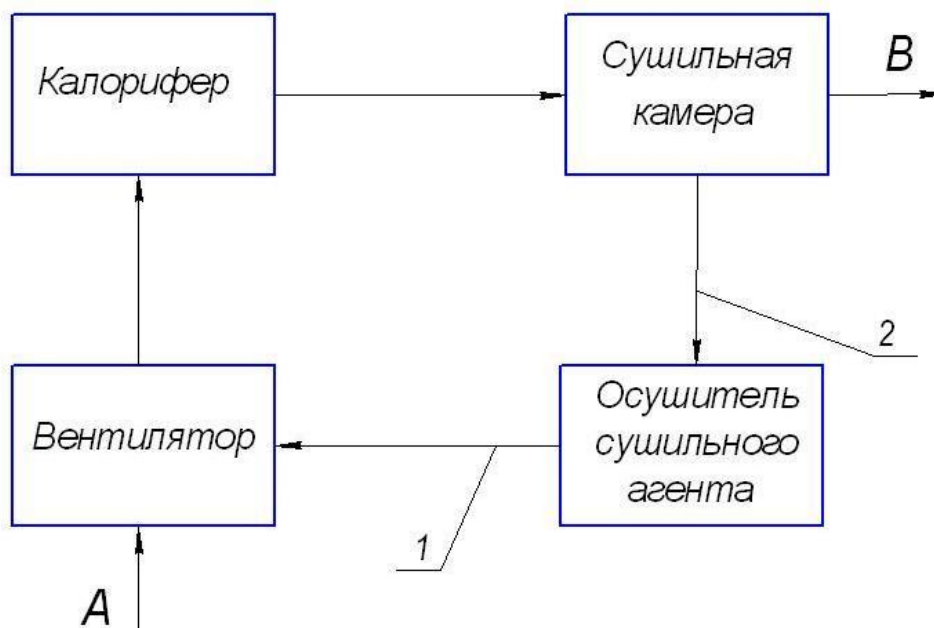


Рис. 2. – Принципиальная блок-схема модели конвективной сушки с предварительной осушкой сушильного агента.

Для исследования режимов сушки были проведены следующие эксперименты: стандартный (мягкий режим) и режим с использованием конденсационного осушителя.

Режимы назначались в соответствии с ГОСТ(19.773-84) «Режимы сушки в камерах периодического действия». Скорость теплоносителя в камере регулировалась шибером на выходе вентилятора и составляла 1,4 и 2,9 м/с.

В результате проведенных экспериментов были получены следующие зависимости:

Стандартный (мягкий) режим и режим с конденсационным осушителем при скорости сушильного агента 2,9м/с.

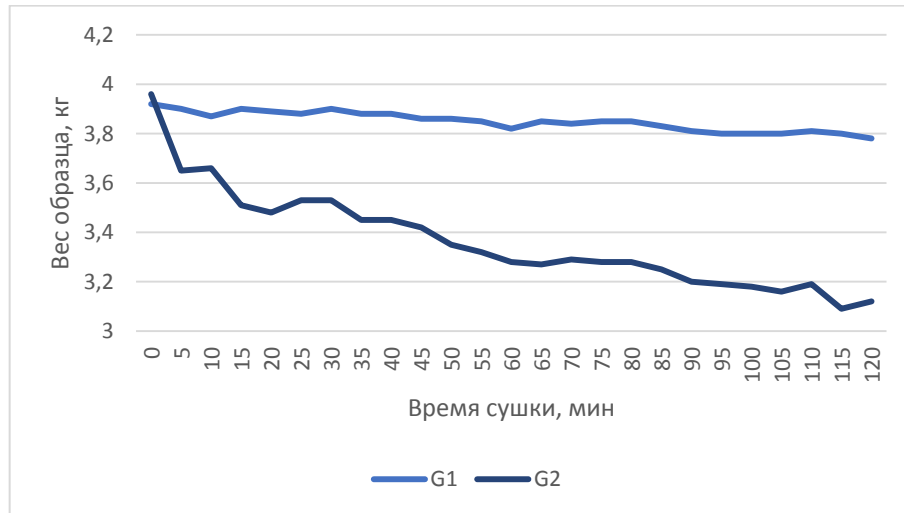


Рис. 3. – Изменение веса образца в зависимости от времени (с осушителем) и мягким режимом.

G1- минимальная температура С ТНУ, скорость - 1,4м/с

G2- максимальная температура максим расход воздуха С ТНУ, скорость - 2,9м/с

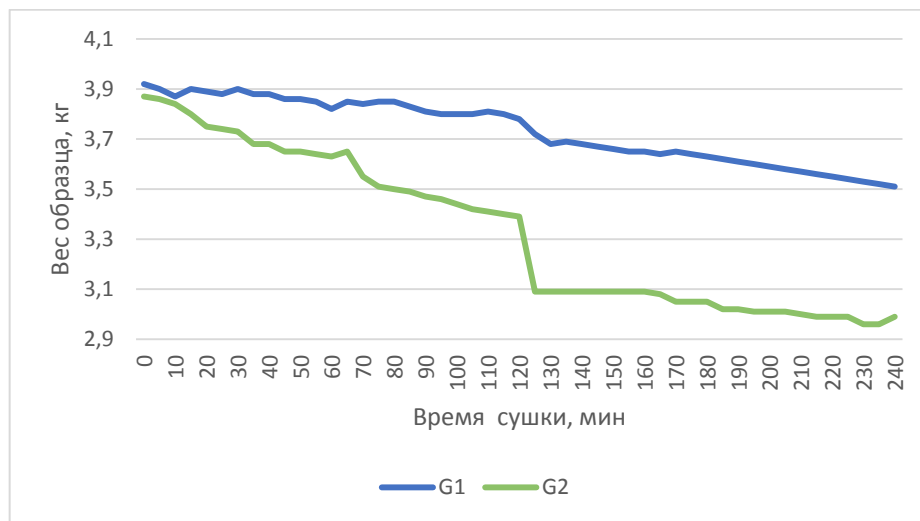


Рис. 4. – Изменение веса образца в зависимости от времени.

G1- минимальная температура с ТНУ, скорость - 1,4м/с

G2- минимальная температура без ТНУ, максимальная скорость - 2,91м/с

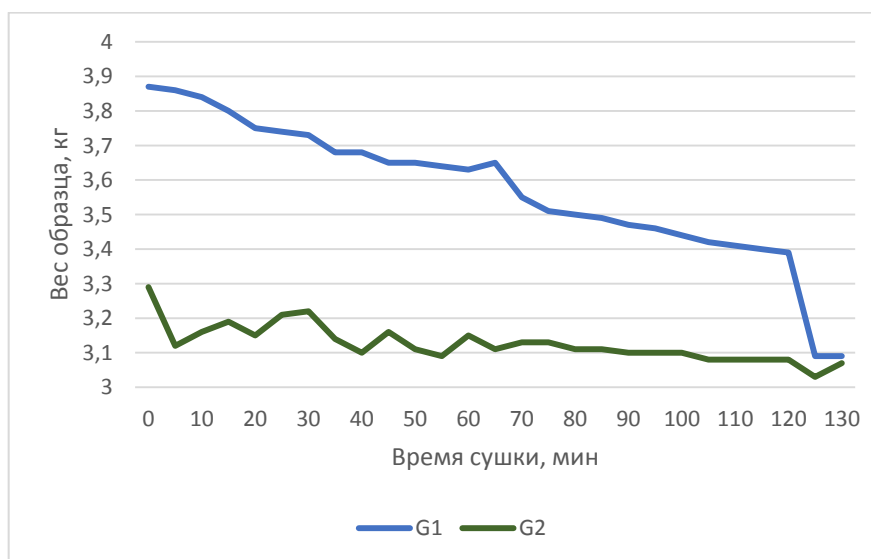


Рисунок 5. – Изменение веса образца в зависимости от времени.

G1- минимальная температура без ТНУ, максимальная скорость - 2,91м/с

G2- максимальная температура, максимальный расход воздуха без ТНУ, скорость - 2,91м/с

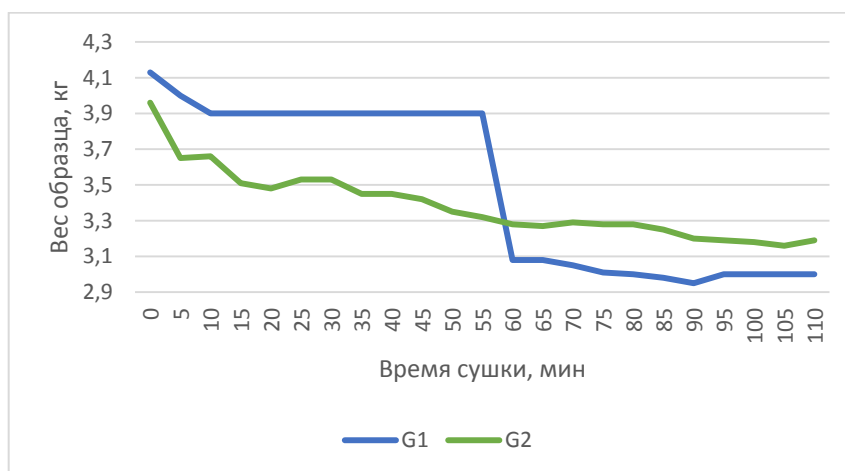


Рис. 6. – Изменение веса образца в зависимости от времени.

G1- максимальная температура с ТНУ максимальная скорость 2,91м/с

G2- максимальная температура, максимальный расход воздуха без ТНУ скорость 2,91м/с

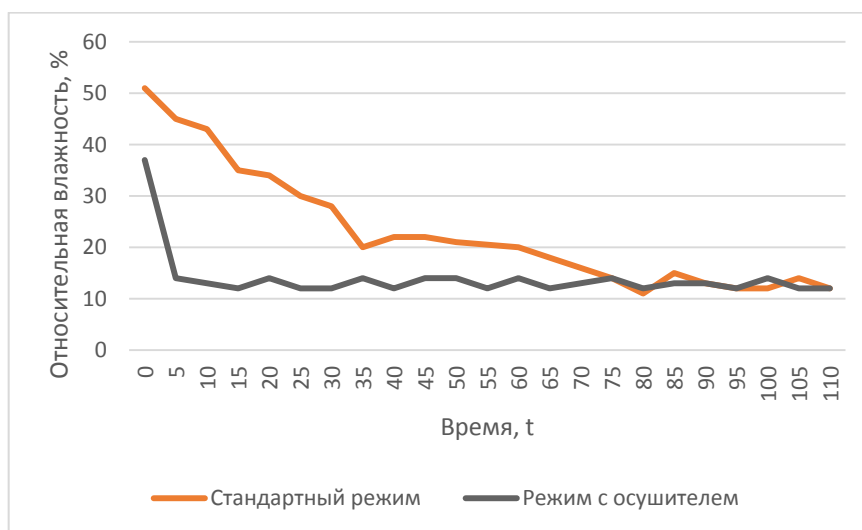


Рис. 7. – График изменения относительной влажности по времени

Анализируя результаты эксперимента, представленные на рис. 7, видно, что режим с осушкой проходит более плавно, чем (мягкий) стандартный.

Вывод. Полученные экспериментальные кривые сушки свидетельствующие, что энергопотребление по результатам узла электрического учета варианта с конденсационным утилизатором снизилось на 7,75% по сравнению со стандартным (мягким).

Дальнейшие исследования должны быть направлены на составление полнофакторного эксперимента, и решения уравнения регрессии для входящего и выходящего потока сушильного агента.

Литература

1. Артемов И.Н., Ризайкина Т.В. Исследование низкотемпературного режима сушки в конденсационной сушилке // Международная научно-техническая конференция «Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы». Саранск. 2013. – С.180-182.

2. Савенков Д.Н. Инфракрасная сушка с применением конвекционно-вакуумной технологии для высушивания продуктов растительного



происхождения // Инженерный вестник Дона, 2021, №11. URL:
ivdon.ru/magazine/archive/n11y2021/7282.

3. Завалий А.А., Лаго Л.А., Рыбалко А.С. Устройство инфракрасной сушки сельскохозяйственного сырья при пониженном давлении // АБУ. 2017. №6

(160).URL:cyberleninka.ru/article/n/ustroystvoinfrakrasnoysushkiselskohozyaystvennogo-syrya-pri-ponizhenom-davlenii.

4. Руденко Н.Н. Особенности прогнозирования эффективности работы теплового насоса // Инженерный вестник Дона, 2012, №4. URL:
ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1129.

5. Данилов О.Л., Леончик Б.И. Экономия энергии при тепловой сушке // Москва: Энергоатомиздат 1986г. 133 с.

6. Левцев А.П., Артемов И.Н., Кижваткин Ю.И., Комаров А.С. Экспериментальная установка для исследования режимов сушки пиломатериалов. Материалы VIII научной конференции молодых ученых Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарева. Саранск. 2003. С. 74-76.

7. Prasertsan S., Sean-saby P, Prateepchaikul G. Heat Pump Dryer Part 3: Experiment Verification of The Simulation // International Journal of Energy Research. 1997. Vol.2. pp. 1-20.

8. Кайнов П.А., Мухаметзянов Ш.Р., Хакимзянов И.Ф. Применение энергосберегающих мероприятий в процессах сушки пиломатериалов // Энергетика Татарстана. 2015. №2 (38). С. 73-77.

9. Левцев А.П., Артемов И.Н. Энергосберегающая технология для сушки материалов. Современные технологии, средства механизации и технического обслуживания в АПК. Сборник научных трудов Всероссийской научно-технической конференции, посвященной 40-летию Института механики и энергетики. Саранск. 2002. С. 156-159.

10. Chou S. K., Hawlader M. N. K. Heat pump drying: recent developments and future trends // Drying Technol. 2002. № 8. P.20.

References

1. Artemov I.N., Rizaikina T.V. Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferenciya «Energoeffektivnye i resursosberegayushchie tekhnologii i sistemy». Saransk, 2013, pp. 180-182.

2. Savenkov D.N. Inzhenernyj vestnik Dona, 2021, №11. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n11y2021/7282/.

3. Zavaliy A.A., Lago L.A., Rybalko A.S. AVU. 2017. No. 6 (160). URL: cyberleninka.ru/article/n/ustroystvo-infrakrasnoy-sushkiselskohozyaystvennogo-syrya-pri-ponizhenom-davlenii.

4. Rudenko N.N. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, № 4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1129/.

5. Danilov O.L., Leonchik B.I. Ekonomiya energii pri teplovooy sushke [Energy saving during thermal drying]. Moskva: Energoatomizdat 1986. 133 p.

6. Levitsev A.P., Artemov I.N., Kizhvatkin Y.I., Komarov A.S. Proceedings of the VIII scientific conference of young scientists of the Mordovian State University. N.P. Ogaryov. Saransk, 2003, pp. 74-76.

7. Prasertsan S., Sean-saby P, Prateepchaikul G. International Journal of Energy Research. 1997. Vol.2. pp. 1-20.

8. Kainov P.A. Energy of Tatarstan. 2015. No. 2 (38). pp. 73-77.

9. Levitsev A.P., Artemov I.N. Collection of scientific papers of the All-Russian Scientific and Technical Conference dedicated to the 40th anniversary of the Institute of Mechanics and Energy. Saransk. 2002. pp. 156-159.

10. Chou S. K., Hawlader M. N. K. Drying Technol. 2002. № 8. P20.