

УДК 66.047.12

Садыков Р.А. – доктор технических наук, профессор

E-mail: sadykov_r_a@mail.ru

Лозинов А.Н. – аспирант

E-mail: a.lozinov@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Кодылев А.В. – инженер

E-mail: alexey.kodylev@bosh-buderus.ru

ООО «Будерус Отопительная Техника»

Адрес организации: 421001, Россия, г. Казань, ул. Чистопольская, д. 1

Установка для конвективной сушки сыпучих и дисперсных строительных материалов

Аннотация

Наиболее прогрессивным и дешевым в области обезвоживания сыпучих и дисперсных строительных материалов является конвективный способ удаления влаги в различных режимах псевдоожижения материала в камере сушки. Однако, предлагаемый способ сушки из-за сложных протекающих тепломассообменных процессов и большого разнообразия объектов сушки базируется в основном на режимных параметрах, полученных экспериментальным или практическим путем для конкретной установки и заданного объекта сушки. Поэтому они не позволяют обобщить эти результаты на другие новые способы сушки. В связи с этим задача исследования предлагаемого способа конвективной сушки строительных материалов актуальна.

Ключевые слова: рекуперация, теплота, энергосбережение, сушка, материал, конвекция.

Актуальность

Получать высокое качество конечного продукта с одновременно низкими энерго- и трудозатратами [1] при организации сушильного процесса позволяет внедрение современного оборудования. Для конвективной сушки характерны высокая интенсивность процесса и достаточно высокое качество конечного сухого продукта [2]. Продолжительность сушки при вынужденной конвекции в 4-10 раз меньше, чем при естественной конвекции, что особенно важно для пиломатериалов из древесины трудносохнущих лиственных пород и других материалов. Несмотря на преимущества, конвективных способов сушки обобщенных инженерных методов расчета не существует, которые качественно отображали бы новые конкретные способы сушки различных материалов и способы выбора оптимального режима работы сушильной установки.

Наиболее перспективным в области сушки строительных материалов (древесины др.) является конвективный способ сушки, когда теплоперенос осуществляется от теплоносителя к поверхности высушиваемого материала, и происходит испарение как поверхностно (первый период сушки), так и адсорбционно связанной влаги (второй период сушки). В качестве теплоносителя в основном применяют воздух, но иногда дымовые или инертные газы. Обобщенной теоретической базы для любых способов конвективной сушки не существует, а имеющиеся рекомендации по выбору режимных параметров сушки часто получены из экспериментальных исследований для конкретной сушильной установки и конкретного высушиваемого материала [3]. В связи с вышеизложенным задача предлагаемого нового способа исследования конвективного способа сушки строительных материалов актуальна.

Литературный анализ теоретических и экспериментальных исследований [4-11] показал целесообразность применения конвективного способа сушки дисперсных и сыпучих строительных материалов с использованием рекуперации теплоты от подводимого теплоносителя.

Описание конвективной сушильной установки

На рис. 1 схематически представлен общий вид сушильной установки.

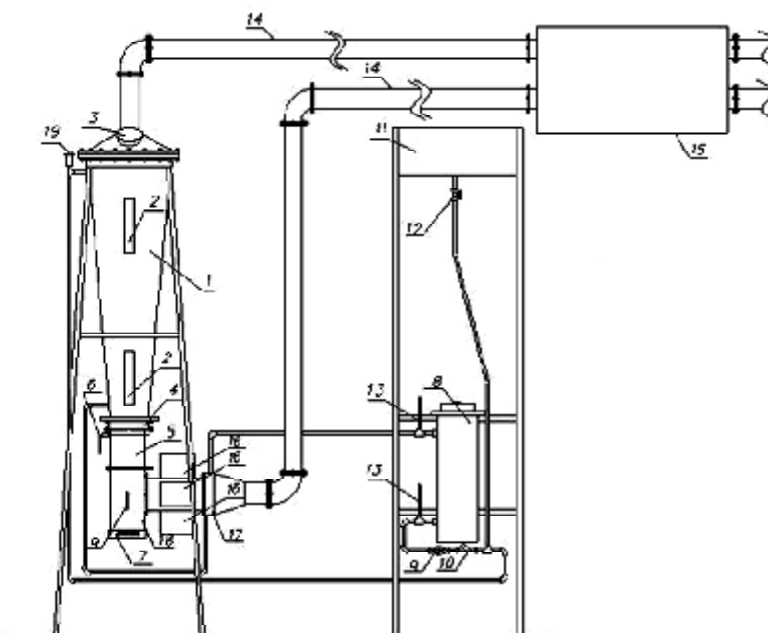


Рис. 1. Общий вид сушильной установки:

- 1 – сушильная камера; 2 – смотровое окно; 3 – загрузочный люк; 4 – мелкодисперсная сетка;
5 – обратный клапан; 6 – отсекающая задвижка; 7 – люк выгрузки материала;
8 – электрогенератор; 9 – насос; 10 – водяной фильтр; 11 – расширительный бак;
12 – шаровый кран; 13 – термометр; 14 – воздухопровод; 15 – рекуперационный теплообменник

Установка состоит из четырех систем (рис. 1): система нагрева воздуха для сушильной установки, собственно самой камеры сушки материала, системы рекуперации теплоты нагреваемого воздуха и системы автоматического регулирования процесса сушки. Экспериментальная установка подачи греющего агента для сушильной установки собрана в единую конструкцию, элементы которой присоединены друг к другу и крепятся с помощью приваренных уголков и болтов на металлической раме, на которой размещаются также все необходимые для её работы узлы и агрегаты. Устройство включает сушильную камеру конической формы с водяной рубашкой, где происходит сушка сыпучих материалов в различных режимах псевдоожижения. Камера имеет смотровые окна для визуального наблюдения за процессом. В верхней части камеры располагается загрузочный люк, в нижней части находится металлическая мелкодисперсная сетка, которая удерживает сыпучий или дисперсный материал в процессе его сушки и обратный клапан регулируемый специальной отсекающей задвижкой. Сушильная камера имеет водяную рубашку, служащую для прогрева сушильной камеры и дополнительного подвода тепловой энергии к высушенному объекту. Рубашка теплоизолирована и исключает потерю теплоты через стенки сушильной камеры. Устройство для сушки имеет слой пенополиуретановой теплоизоляции снаружи, что дополнительно минимизирует кондуктивные потери теплоты. Тем самым достигается равномерное теплораспределение в сушильной камере – 1 и положительно отражается на качестве готового сухого продукта. Разгрузка осуществляется с помощью крышки люка выгрузки. Для подогрева водяной рубашки используется электрогенератор мощностью 2,5 кВт, который осуществляет нагрев теплоносителя в рубашке посредством циркуляции с помощью насоса, предварительно отстоявшись при помощи водяного фильтра. Открытый расширительный бак предназначен для восполнения убыли объема воды в системе и при понижении ее температуры. Восполнение воды в устройстве регулируется с помощью шарового крана.

Термометры необходимы для замера температуры теплоносителя. Устройство посредством воздуховодов соединено с рекуперационным теплообменником. Для сушки строительных материалов используется сухой нагретый теплоноситель (воздух), поступающий по воздуховодам. Воздух с помощью вентиляторов подается в рекуперационный теплообменник, где он предварительно подогревается за счет ранее утилизируемого из камеры сушки теплоносителя и далее поступает в водовоздушный теплообменник для его окончательного прогрева. Далее теплоноситель подают в блок распределения, где он проходит через слой высушиваемого материала, насыщается влагой. Расход теплоносителя (избыток) регулируется с помощью воздушного клапана. Влажный теплоноситель, отработавший в камере сушки, направляют через устройство рекуперации. Отдавая большую часть своей теплоты «свежему» теплоносителю, отработанный теплоноситель далее идет на влажную или сухую отработку, с последующим выбросом очищенного теплоносителя в окружающую среду. Таким образом, тепловые потери в предлагаемой сушильной установке сводятся к минимальным значениям [8].

Для увеличения эффективности процесса конвективной сушки строительных материалов контроль всех параметров работы сушильной установки выведен на персональный компьютер, с помощью которого осуществляется мониторинг изменения всех основных параметров режима работы сушильной установки (рис. 2).

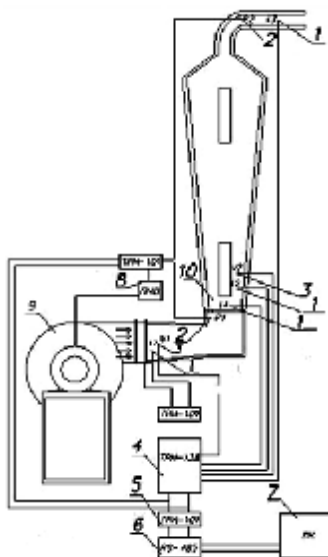


Рис. 2. Основные контрольно-измерительные приборы сушильной установки:

- 1 – термопары; 2 – датчик давления ДДМ – 10ДИ; 3 – датчик относительной влажности ДВТ-02;
- 4 – регулятор ТРМ-138; 5 – регулятор ТРМ-101; 6 – преобразователь интерфейса RS-485;
- 7 – персональный компьютер; 8 – преобразователь частоты векторный ОВЕН ПЧВ;
- 9 – вентилятор; 10 – камера сушки

В процессе работы сушильной установки фиксируются температуры (рис. 2): воздуха с помощью термопар 1 на входе в камеру сушки – t_1 , в камере сушки – t_2 , на выходе из камеры сушки – t_3 , высушиваемого материала – t_4 . Производится замер давлений воздуха на входе – p_1 , на выходе – p_2 , с помощью электрических датчиков давления – 2 (ДДМ-10ДИ), относительных влажностей воздуха на входе – v_1 и выходе – v_2 сушильной установки, приборы замера относительных влажностей воздуха ДВТ-02. Все замеренные параметры фиксировались при помощи пропорционально-интегрально-дифференциальных (ПИД) регуляторов ТРМ-138 и ТРМ-101. Обработанный ими сигнал через преобразователь интерфейса RS-485 (рис. 3) отправлялся на персональный компьютер, где далее он обрабатывался с помощью программы «OWEN Process Manager». После обработки сигнал экспортировался в программу Microsoft Office Excel,

где проходила окончательная обработка полученных данных и далее строились необходимые для дальнейших расчетов соответствующие графические зависимости.

В процессе сушки материала из-за снижения его влагосодержания [6], уменьшалось гидравлическое сопротивление высушиваемого слоя материала. Перепад давления Δp между слоями материала фиксировался датчиками давления. Процесс подачи воздуха в камеру сушки контролировался векторным преобразователем частоты ОВЕН ПЧВХХ, который в процессе работы изменял частоту переменного тока, подаваемого на вентилятор в зависимости от перепада давления воздуха, замеренного датчиками давления. Таким образом, количество подаваемого теплоносителя (воздуха) в камеру сушки при необходимом режиме псевдоожигения, уменьшалось с уменьшением сопротивления высушиваемого слоя.



Рис. 3. Принципиальная схема управления процессом сушки

Энергоэффективность сушильной установки [9] достигается тем, что в устройстве для процесса сушки дисперсных и сыпучих строительных материалов, содержащем обогреваемую коническую камеру, с расположенной в ее нижней части газораспределительной решеткой и установленным в нижней части корпуса соплом Лавалля, измельчающие элементы, установленные по оси над газораспределительной решеткой, согласно полезной модели [10] установка дополнительно снабжена рекуперационным теплообменником, а внешняя поверхность конической камеры, а также подведенные и отведенные воздухопроводы защищены слоем теплоизоляции. При этом на входе и на выходе устройства установлены датчики давления, относительной влажности воздуха и температуры, а в сушильной камере установлены датчики температуры воздуха и температуры высушиваемого материала. Все первичные контрольно-измерительные приборы (датчики) подключены к универсальному измерителю-регулятору и посредством преобразователя интерфейса подключены к ЭВМ.

Заключение

Предлагаемая конвективная сушильная установка для обезвоживания дисперсных [11] и сыпучих строительных материалов, включающая в себя системы: нагрева воздуха, камеру сушки, снабженную теплоизоляцией. Рекуперация теплоты нагреваемого воздуха и автоматическое регулирование процесса сушки позволяет значительно повысить энергоэффективность процесса сушки таких продуктов и снизить их себестоимость.

Список библиографических ссылок

1. Садыков Р.А. Процессы переноса при кратковременном контакте фаз (на примере сушки). – Казань: Изд-во КГЭУ, 2004. – 176 с.
2. Голубев Л.Г., Сажин Б.С., Валашек Е.Р. Сушка в химико-фармацевтической промышленности. – М.: Медицина, 1978. – 272 с.
3. Сажин Б.С. Основы техники сушки. – М.: Химия, 1984. – 320 с.
4. Садыков Р.А., Антропов Д.Н. Энергосберегающая технология сушки биоактивных продуктов. – Казань: КГЭУ, 2005. – 172 с.
5. Садыков Р.А., Антропов Д.Н. Оптимальное управление и автоматизация технологии сушки биоактивных продуктов // Известия РАН, серия «Энергетика», 2005, № 6. – С. 85-92.
6. Садыков Р.А., Антропов Д.Н. Теплофизические свойства и кинетика сушки незаменимых аминокислот с учетом состава удаляемой влаги // Материалы XI Российской конференции по теплофизическим свойствам веществ. – СПб., Т. 1. – С. 97-98.
7. Садыков Р.А. Тепломассоперенос в процессах вакуумной сушки и аппаратное оформление технологии сушки лабильных биопрепаратов. Дисс...докт.техн.наук. – Казань, 1990. – 517 с.
8. Чернобыльский И.И., Тананайко Ю.М. Сушильные установки химической промышленности. – Изд-во: Техника, 1969. – 280 с.
9. Муштаев В.И., Ульянов В.М. Сушка дисперсных материалов. – М.: Химия, 1988. – 352 с.
10. Садыков Р.А., Лозинов А.Н., Кодылев А.В. Патент РФ на полезную модель № RU 149485 U1, от 16.06.14.
11. Сушильные аппараты и установки. Каталог НИИХИММАШ. 3-е изд. – М., 1975.

Sadykov R.A. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: sadykov_r_a@mail.ru

Lozinov A.N. – post-graduate student

E-mail: a.lozinov@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Kodylev A.V. – engineer

E-mail: alexey.kodylev@bosh-buderus.ru

LLC «Buderus»

The organization address: 421001, Russia, Kazan, Chistopolskaya st., 64

Installation for convective drying loose and dispersed construction materials**Resume**

Convective drying is accomplished by contacting a process stream with a warm – or hot-gas stream. The heat required for evaporation of the moisture is provided by cooling of the gas stream; the gas stream is also used as a carrier for the removal of the evaporated moisture.

The most advanced and cheap in bulk and dispersed dewatering construction materials is a convective process for removing moisture in the different modes of fluidization of the material in the drying chamber. However, the method of drying because of the heat and mass transfer processes occurring complex and a wide variety of objects drying is based mainly on the regime parameters obtained by experiment or practical for a specific setting and drying of the specified object. Therefore they do not allow to generalize these findings to other new types of drying. In connection with this task of study of the process of convective drying of building materials to date.

Keywords: recuperation, heat, energy, drying, material, convection.

Reference list

1. Sadykov R.A. Transport processes by brief contact phase (for example, drying).– Kazan: Publishing house KGEU, 2004. – 176 p.
2. Golubev L.G., Sazhin B.S., Valasek E.R. Drying in the chemical-pharmaceutical industry. – M.: Medetsina, 1978. – 272 p.
3. Sazhin B.S. Basic techniques of drying. – M.: Khimiya, 1984. – 320 p.
4. Sadykov R.A., Antropov D.N. Energy-saving drying technology bioactive products. – Kazan KSPEU, 2005. – 172 p.
5. Sadykov R.A., Antropov D.N. Optimal control and automation technology of drying of bioactive products // Proceedings of RAS, a series of «Energy», 2005, № 6. – P. 85-92.
6. Sadykov R.A., Antropov D.N. Thermal properties and drying kinetics of the essential amino acids with the composition removes moisture // Materials XI Russian conference on thermophysical properties of substances. – SPb., Vol. 1. – P. 97-98.
7. Sadykov R.A. Heat and mass transfer in the process of vacuum drying and drying equipment design technology labile biological preparations. Diss ... dokt.tehn.nauk. – Kazan, 1990. – 517 p.
8. Chernobylsky I.I., Tananayko Y.M. Dryers chemical industry: Publishing Tekhnica 1969. – 280 p.
9. Mushtaev V.I., Ulyanov V.M. The drying of dispersed materials. – M.: Khimiya, 1988. – 352 p.
10. Sadykov R.A., Lozinov A.N., Kodylev A.V. Russian patent for utility model № RU 149485 U1, on 16.06.14.
11. Drying equipment and systems. General NIIHIMMASH. 3rd ed. – M., 1975.