

*Д.А. Шацкий, Д.В. Скворцов**

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДВУХСТУПЕНЧАТОЙ СУШКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Конструкция сушильного оборудования и метод сушки определяются оптимальным режимом для данного материала. Невозможно отвлеченно от конкретного материала говорить о лучшем методе сушки.

Растительные материалы относятся к группе капиллярно-пористых коллоидных тел, являются термолабильными, а увеличение длительности процесса их сушки приводит к потере биологически активных веществ. Наиболее перспективным процессом, в результате которого будет сохраняться химический, биологический состав, является двухступенчатая сушка, при которой интенсифицируются внешний и внутренний тепло- и массообмен, сокращается длительность процесса и исключается перегрев продуктов [1]. Первая ступень – конвективная сушка с закрученным слоем, где удаляется поверхностная влага. Вторая ступень – конвективная вакуум-импульсная сушка, в которой материал окончательно высушивается до заданной влажности.

Для изучения механизма и отработки технологии сушки растительного сырья двухступенчатым конвективным вакуум-импульсным способом на кафедре ТММ и ДМ ТГТУ изготовлена экспериментальная установка, состоящая из конвективной сушилки с закрученным слоем и сушильного вакуумного шкафа.

Основу сушилок с закрученным взвешенным слоем материала составляет цилиндроконический корпус с тангенциальными подводами 3 теплоносителя (рис. 1). Аппарат работает по следующей схеме. В сушилку помещается растительное сырье. Теплоноситель, подаваемый вентиляторами 1 через тангенциальные подводы 3, проходит через подводы с ТЭНами 2, нагреваясь до необходимой температуры, попадает на

* Работа выполнена по руководством канд. техн. наук, доц. ТГТУ Ю.В. Родионова.

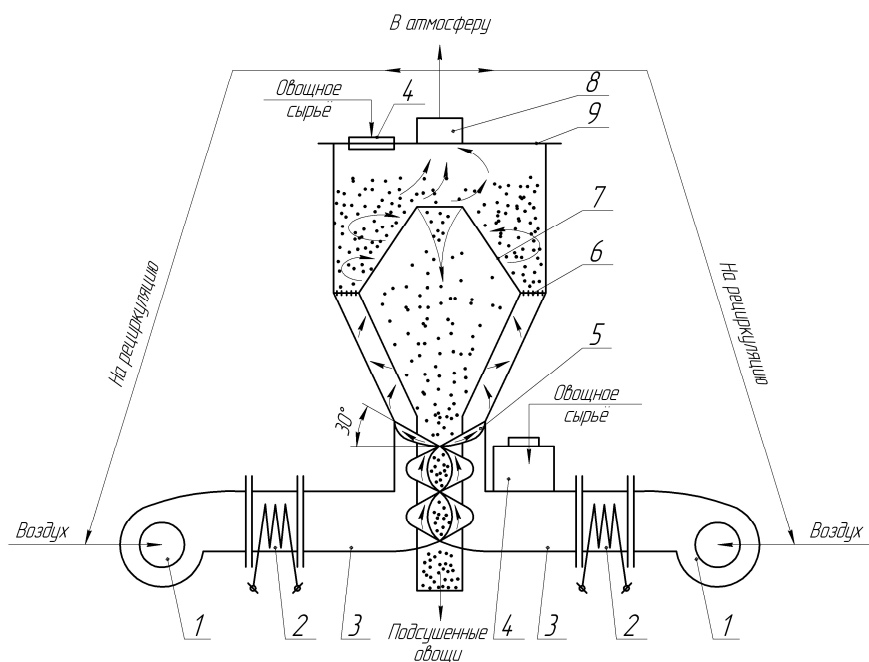


Рис. 1. Схема сушилки с закрученным взвешенным слоем продукта:

1 – вентилятор; 2 – ТЭН; 3 – тангенциальный подвод теплоносителя; 4 – бункер; 5 – лента шнека; 6 – сетка съемная; 7 – конус; 8 – воздуховод; 9 – крышка

ленту шнека 5, работающего для отделения встречных потоков во избежание их столкновения и потери напора на входе в корпус. Необходимость использования шнека вызвана свойствами растительного сырья (слипаемость). Угол наклона ленты шнека 5 определяется экспериментально. Напор контролировался при помощи анемометра.

Растительное сырье подается через верхний или нижний бункер 4 в зависимости от характера загружаемого сырья. Сетка 6, на которой располагается растительное сырье, может удаляться, так как является съемной для сушки сырья, имеющего менее выраженные адгезионные свойства (слипаемость). Воздух, проходя через камеры, образуемые лентой шнека 5, проходит в корпус, достигая съемной сетки, движется через свободные пространства между частицами лежащего сырья.

Поток равномерно распределяется по поверхности частиц, подсушивает их, а завихрение потока способствует разбитию агломератов частиц. Отработанный теплоноситель выходит из аппарата в атмосферу через воздуховод 8. Данный аппарат имеет возможность рециркуляции теплоносителя, как показано на рис. 1. Высушиваемое сырье, достигая необходимого влагосодержания и поднимаясь на необходимую высоту, попадает внутрь конуса 7 и, перемещаясь в нем под действием силы тяжести, попадает в отсек выгрузки.

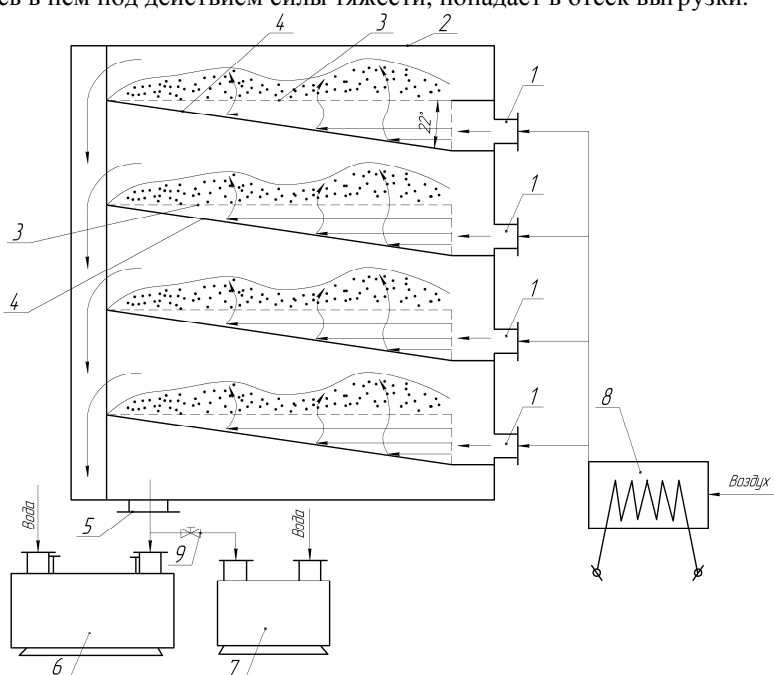


Рис. 2. Схема конвективной вакуум-импульсной сушилки:

- 1 – штуцер входной; 2 – корпус вакуумного шкафа; 3 – лоток сетчатый;
4 – лист распределяющий; 5 – штуцер выходной; 6 – ЖВН двухступенчатый;
7 – ЖВН одноступенчатый с регулируемым окном; 8 – ТЭН; 9 – вентиль

Конвективная вакуум-импульсная сушилка (шкаф) представляет собой герметично закрывающуюся емкость, внутри которой размещаются лотки 3 (рис. 2). На лотках располагается растительное сырье, предварительно подсушенное в конвективной сушилке с закрученным слоем. Лотки снабжены наклонными листами 4, предназначенными для равномерного распределения теплоносителя по всей рабочей площади лотка во время конвективной стадии.

Воздух, нагретый ТЭНами, поступает через штуцера 1 путем создания перепада давления двухступенчатым жидкостно-кольцевым вакуум-насосом (ЖВН) 6. Теплоноситель, попадая в пространство под лотком, меняет свое направление и проходит через высушиваемое сырье, а затем удаляется насосом. В данном случае равномерность продувки теплоносителя по рабочей площади лотка необходима для предотвращения образования застойных зон. После конвективной стадии происходит закрытие всех пневмоклапанов за исключением клапана, связанного с насосом 6, для создания вакуума. Когда давление достигает значения 10 кПа, насос 6 отключается, открывается клапан 9 для работы насоса 7. При данной стадии происходит частичное перемещение влаги к поверхности раздела двух фаз и образование парогазовой смеси, влекущей за собой повышение давления в сушильном шкафу, а значит прекращение испарения влаги. Также во время испарения возможна конденсация влаги на продукте и в шкафу, что нежелательно. Во избежание этого необходимо включить насос 7, который по сравнению с насосом 6 имеет меньшую быстроту действия, меньшие затраты энергии, но способен держать заданный вакуум и откачивать образующуюся парогазовую фазу [2]. Таким образом, процесс испарения влаги не будет прекращаться. Чередование конвективной стадии и стадии вакуумирования осуществляется до достижения необходимой влажности продукта, причем соотношение времени вакуумирования и продувки изменяется в течение процесса конвективной вакуум-импульсной сушки.

Все контрольно-измерительные приборы имеют аналоговый или цифровой выход на программно-технический комплекс (ПТК). ПТК представляет собой совокупность микропроцессорных контроллеров, устройства связи с объектом и дисплейного пульта оператора [3]. Для регистрации, автоматического контроля и сигнализации основных параметров конвективной установки используются промышленные контроллеры "ICPCON" и модули ввода-вывода серии I-7000 компании "ICPDAS". Эти устройства имеют модульное исполнение, могут работать при температуре окружающей среды от -25 до $+65^{\circ}\text{C}$. Для сбора и отображения информации в виде графиков, цифровой информации в табличном виде с контроллеров "ICPCON" и модулей ввода-вывода в процессе конвективной сушки используется пакет программ для визуализации измерительной информации на дисплее "КРУГ-2000", установленный на персональном компьютере.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лыков, А.В. Теория сушки / А.В. Лыков. – М. : Энергия, 1968. – 471 с.
2. Пат. 2303166 РФ. Жидкостно-кольцевая машина с автоматическим регулированием проходного сечения нагнетательного окна / А.В. Волков, Ю.В. Воробьев, Д.В. Никитин, В.В. Попов, М.М. Свиридов ; заявитель и патентообладатель Тамб. гос. техн. ун-т ; заявл. 20.06.2006.
3. Технические средства автоматизации. Программно-технические комплексы и контроллеры : учеб. пособие / И.А. Елизаров, Ю.Ф. Мартемьянов, А.Г. Схиртладзе, С.В. Фролов. – М. : Машиностроение-1, 2004. – 180 с.