

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА КОМБИНИРОВАННОЙ КОНВЕКТИВНО-ВАКУУМ-ИМПУЛЬСНОЙ СУШИЛКИ

Увеличение срока хранения растительных продуктов является наиболее актуальной проблемой современности, так как от производителя до стола потребителя из выращенного урожая доходит не более 30 % сельхозпродукции. Срок хранения плодов, овощей и прочих растительных продуктов составляет от нескольких часов до 3 – 5 месяцев. Существуют различные способы увеличения срока хранения: стерилизация, пастеризация, охлаждение, замораживание, соление, засахаривание. Но все перечисленные методы представляют собой процессы, изменяющие химический состав, биологические и органолептические свойства. Наиболее перспективным процессом, в результате которого будет сохраняться химический, биологический состав, является конвективно-вакуум-импульсная сушка, при которой интенсифицируются внешний и внутренний тепло- и массообмен, сокращается длительность процесса и исключается перегрев продуктов [1]. Недостатками данного способа являются сложность конструкторского оформления, высокие энергозатраты и возможная слипаемость некоторых видов растительного сырья.

Для устранения данных недостатков предлагается комбинированный способ сушки, состоящий из двух этапов: конвективной во взвешенном слое и модернизированной конвективно-вакуум-импульсной (КВИ) сушки. Первый этап в данном виде сушки позволяет удалять поверхностную влагу, предотвратить слипаемость растительных материалов, сократить энергозатраты. Так как первый период сушки протекает при постоянной скорости сушки $\frac{du}{dt} = \text{const}$ и температуре не выше температуры «мокрого» термометра T_m до тех пор, пока в поверхностном слое содержится свободная влага. По мере уменьшения содержания во влажном продукте свободной влаги скорость ее поступления в поверхностный слой постепенно снижается. Содержание свободной влаги в поверхностном слое уменьшается и в некоторый момент времени становится равным нулю. С этого момента начинается второй период сушки, в котором происходит углубление поверхности испарения свободной влаги [2]. Соответственно далее целесообразно использовать модернизированную конвективно-вакуум-импульсную сушку.

Для изучения научных основ и механизма сушки растительного сырья, отработки технологии сушки отдельных продуктов комбинированным конвективно-вакуум-импульсным (КВИ) способом на кафедре ТММ и ДМ ТГТУ создана экспериментальная установка, представленная на рис. 1 и 2. Она состоит из установки конвективной сушки во взвешенном слое (рис. 1) и установки конвективно-вакуум-импульсной сушки (рис. 2).

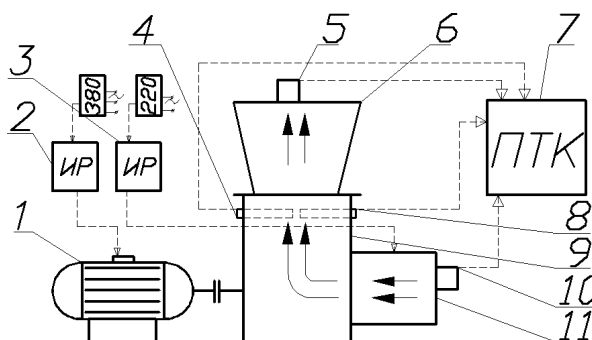


Рис. 1. Схема установки конвективной сушки во взвешенном слое

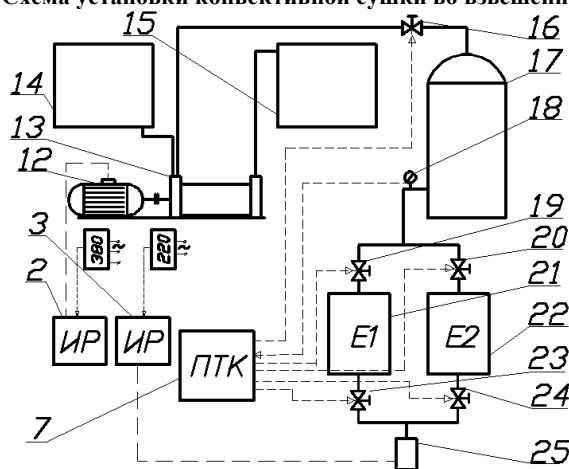


Рис. 2. Схема КВИ установки

Установка конвективной сушки во взвешенном слое (рис. 1) состоит из электродвигателя 1, вентилятора 9 для подачи нагретого до определенной температуры воздуха через нагревательный элемент 11 в конический короб 6. В данном коническом коробе 6 установлен гигрометр 5, второй гигрометр установлен на входе 10. Перед коническим коробом стоит датчик температуры 4 и скорости потока воздуха 8. В коническом коробе подготовленный растительный материал предварительно подсушивается во взвешенном слое. На рис. 1 стрелками указано направление потока воздуха.

КВИ установка (рис. 2) состоит из электродвигателя 12, жидкостно-кольцевого вакуум-насоса 13 с автоматической регулировкой проходного сечения нагнетательного окна [3]. Емкости 14 и 15 предназначены для подачи и отвода жидкости от

насоса. Ресивер 17 предназначен для увеличения скорости откачки. Кран 16 предотвращает попадание жидкости из жидкостно-кольцевого вакуум-насоса 13 при выключении в ресивер 17. А краны 19 и 20 необходимы для избежания потерь вакуума в ресивере. Вакуумметр 18 стоит на выходе из ресивера 17, позволяя получать действительную информацию о вакууме, создаваемом насосом.

Подсушенный растительный продукт помещается в сушильные емкости 21 и 22, в которых моделируются различные потоки воздуха для анализа влияния на процесс сушки (рис. 3). Сушильные емкости 21 и 22 состоят из корпусов 31 и 38 и крышек 26 и 33, соответственно. На дне данных емкостей установлены весы 27 и 34 с подставкой, на которые ставятся лотки 28 и 35. Подставка позволяет ввести внутренние

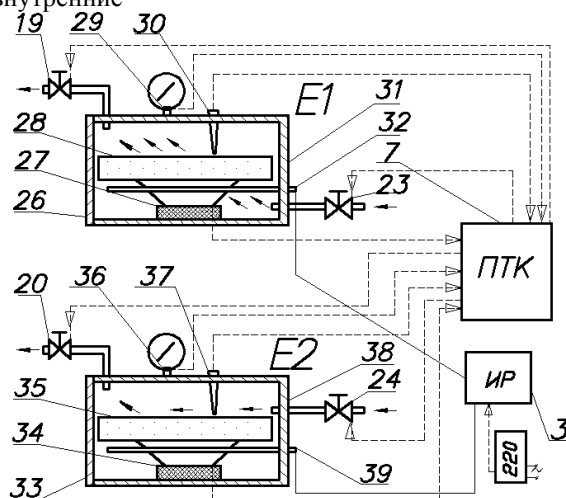


Рис. 3. Схема сушильных емкостей

нагреватели 32 и 39 и не мешать потоку воздуха в сушильных емкостях 21 и 22. Данные о вакууме внутри сушильных емкостей 21 и 22 снимаются вакуумметрами 29 и 36, который стоят непосредственно на корпусе. Температура фиксируется с помощью термопар 30 и 37, установленных в корпусе сушильных емкостей, максимально приближенных к высушиваемому продукту. В сушильных емкостях 21 и 22 используется как внутренний подогрев с помощью тенев 32 и 39 в вакууме, так и внешний нагрев конвекцией через нагреватель 25, в режиме продувки для поддержания постоянной или переменной температуры. Краны 23 и 24 необходимы для создания различных режимов и изменения составляющих циклов КВИ сушки. Все краны автоматически открываются и закрываются командами с программно-технического комплекса (ПТК) 7. На рис. 3 стрелками указано направление потока воздуха.

Созданные экспериментальные установки позволяют с помощью измеритель-регуляторов (ИР) тока 2 и 3 марки «ТО-SHIBA» (рис. 1, 2) измерять потребляемую электродвигателями мощность и частоту вращения. Температура воздушных потоков в обеих установках замеряется ХК термопарами. Содержание влаги в воздушном потоке на входе и на выходе измеряется с помощью гигрометра. Создаваемый вакуум определяется преобразователем давления АИР-20/М2-ДВ с пределами измерения от 0...100 кПа и погрешностью измерения 0,2 %. Масса продукта измеряется при помощи весов с пределом измерения от 1 г до 2000 г погрешностью 0,5 г. Расход воды определяется уровнем в емкости 15 и водяным счетчиком СГВ-14, установленным на подающей трубе. Все краны автоматические (клапан ВН 3/4Н-4). Все контрольно-измерительные приборы имеют аналоговый или цифровой выход на ПТК. ПТК представляет собой совокупность микропроцессорных контроллеров, устройства связи с объектом и дисплейного пульта оператора [4]. 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 °С. Для сбора и отображения информации в виде графиков, цифровой информации в табличном виде с контроллеров «ICPCON» и модулей ввода-вывода и процессе конвективной сушки используется пакет программ для визуализации измерительной информации на дисплее «КРУГ-2000», установленный на персональном компьютере.

Предварительные экспериментальные исследования, проведенные на кафедре ТММ и ДМ ТГТУ совместно с сотрудниками кафедры ТХ и ППР МичГАУ по сушке растительного сырья (тыква и картофель), показывают, что данный метод сушки позволяет сохранить в высушенном растительном сырье весь спектр биологически активных компонентов, что подтверждается анализами химического и биологического состава продукта, получаемого в процессе КВИ сушки, сократить время и снизить энергозатраты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. www.witeks.ru.
2. Машины и аппараты пищевых производств : учебник для вузов : в 2 кн. / С.Т. Антипов, И.Т. Кретов, А.Н. Остриков и др. ; под ред. акад. РАСХН В.А. Панфилова. – М. : Высшая школа, 2001. – Кн. 2. – 680 с.
3. 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.
4. Технические средства автоматизации. Программно-технические комплексы и контроллеры : учеб. пособие / И.А. Елизаров, Ю.Ф. Мартеньянов, А.Г. Схиртладзе, С.В. Фролов. – М. : Машиностроение-1, 2004. – 180 с.