

Скворцов Дмитрий Владимирович, Кулаков Олег Валерьевич, Миронов Виктор Александрович  
**ОБЗОР И АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СУШИЛОК ДЛЯ ОВОЩНОГО СЫРЬЯ**

Адрес статьи: [www.gramota.net/materials/1/2011/5/22.html](http://www.gramota.net/materials/1/2011/5/22.html)

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

**Альманах современной науки и образования**

Тамбов: Грамота, 2011. № 5 (48). С. 64-65. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: [www.gramota.net/editions/1.html](http://www.gramota.net/editions/1.html)

Содержание данного номера журнала: [www.gramota.net/materials/1/2011/5/](http://www.gramota.net/materials/1/2011/5/)

**© Издательство "Грамота"**

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: [www.gramota.net](http://www.gramota.net)

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: [almanac@gramota.net](mailto:almanac@gramota.net)

## Список литературы

1. **Бурнаев Е. В., Оленев Н. Н.** Мера близости для временных рядов на основе вейвлет-коэффициентов // Труды XLVIII научной конференции МФТИ. М. - Долгопрудный, 2005. Ч. VII. С. 108-110.
2. **Компьютерное распознавание и порождение речи** [Электронный ресурс]. URL: <http://speech-text.narod.ru/chap3.html>.
3. **The Daubechies D4 Wavelet Transform** [Электронный ресурс]. URL: [http://www.bearcave.com/misl/misl\\_tech/wavelets/daubechies/index.html](http://www.bearcave.com/misl/misl_tech/wavelets/daubechies/index.html).

УДК 631.365.036.3

*Дмитрий Владимирович Скворцов, Олег Валерьевич Кулаков, Виктор Александрович Миронов  
Тамбовский государственный технический университет*

### ОБЗОР И АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СУШИЛОК ДЛЯ ОВОЩНОГО СЫРЬЯ<sup>©</sup>

В настоящее время общепризнано, что сушка является технологическим процессом, при проведении которого должны быть максимально сохранены первоначальные свойства овощного сырья [3].

При выборе режима сушки должны учитываться не только термоустойчивость продукта и его биологическая природа, но также и структурно-механические свойства [1], от которых зависят сохранение формы и прочность продукта. Таким образом, от свойств продукта мы приходим к обоснованию метода и режима сушки, а от режима - к выбору конструкции сушильной установки.

В камерных сушилках высушиваемый материал находится неподвижно на полках, установленных в одной или нескольких сушильных камерах. Засасываемый вентилятором и нагретый в калориферах воздух проходит между полками над материалом. Сушилки работают периодически при атмосферном давлении и применяются в малотоннажных производствах для материалов с невысокой температурой сушки [3].

Туннельные сушилки - камерные сушилки непрерывного действия. Представляют собой длинные (типа коридора) камеры, внутри которых по рельсам перемещаются тележки (вагонетки) с лежащим на лотках или противнях высушиваемым материалом. Нагретый воздух обтекает лотки прямо- или противотоком; возможна рециркуляция воздуха. Данный вид сушилок характеризуется перегревом материала, что приводит к снижению качества конечного продукта. Основным недостатком относительно качества продукта является его комкование (образование агломератов) в процессе удаления влаги.

Ленточные сушилки обычно выполняют в виде многоярусного ленточного транспортера, по которому в камере, действующей при атмосферном давлении, непрерывно перемещается материал, постепенно пересыпаясь с верхней ленты на нижележащие (скорость каждой ленты 0,1-1 м/мин). Сушильный агент может двигаться со скоростью не более 1,5 м/с прямо - или противотоком, а также сквозь слой материала при наличии перфорированной ленты.

Эти сушилки компактнее, чем камерные и туннельные, и отличаются большей интенсивностью сушки, однако также сложны в обслуживании из-за необходимости применения ручного труда, перекосов и растяжений лент. Но недостатки по качеству получаемого продукта остаются такие же, как и в предыдущей сушилке.

Барабанные сушилки распространены благодаря высокой производительности, простоте конструкции и возможности непрерывно сушить при атмосферном давлении. Такая сушилка представляет собой установленный с небольшим наклоном к горизонту (угол до 4°) цилиндрический барабан с бандажами. Последние при вращении барабана (с помощью зубчатого колеса от электропривода) с частотой 5-6 мин<sup>-1</sup> катятся по опорным роликам; осевое смещение барабана предотвращается опорно-упорными роликами. Влажный материал через питатель поступает в барабан и равномерно распределяется по его сечению размещенными внутри насадками. Тесно соприкасаясь при пересыпании с сушильным агентом, например топочными газами (возможен также контактный подвод теплоты через специальную трубчатую насадку), материал высушивается и движется к разгрузочному отверстию в приемном бункере. Нагретый воздух поступает прямо- или противотоком посредством вентилятора со скоростью 0,5-4,5 м/с. Для улавливания из воздуха пыли между барабаном и вентилятором установлен циклон. Барабанные конвективные сушилки стоят на последнем месте, по сравнению из перечисленных выше сушилок, так как в процессе конвективной сушки происходит повышение ломкости продукта, что влечет за собой получения материала неоднородного по форме.

Сушилки с взвешенным слоем характеризуются высокими относительными скоростями движения фаз и развитой поверхностью контакта. Основные гидродинамические режимы работы: пневмотранспорт, закрученные потоки, псевдооживление, фонтанирование [2]. При существенном уменьшении в процессе сушки массы частиц дисперсного материала применяются режимы свободного фонтанирования и проходящего ки-

пящего слоя. Среди этих сушилок наиболее распространены пневматические, вихревые камеры, аппараты с кипящим и фонтанирующим слоем, вибрационные.

Пневматические сушилки представляют собой одну или несколько последовательно соединенных вертикальных труб длиной 15-20 м. В них через питатель подается влажный материал, а вентилятором снизу нагнетается воздух, нагретый в калорифере. Материал увлекается потоком воздуха, движущимся со скоростью 15-25 м/с. В циклоне сухой материал отделяется от воздуха и удаляется через разгрузочное устройство, а воздух через фильтр выводится в атмосферу. Для активизации режима сушки в трубы сушилки вставляют турбулизаторы (расширители, отклоняющие пластины, завихрители и т.п.) [3].

Сушилки с кипящим слоем бывают постоянного, расширяющегося, прямоугольного, а также круглого сечения (в последних меньше вероятность образования застойных зон). Работа таких аппаратов существенно зависит от конструкции газораспределительных решеток, по которым перемещается материал и которые могут быть плоскими, выгнутыми, выпуклыми, с отверстиями различной конфигурации; через них снизу продувается предварительно нагретый сушильный агент. Используют одно- и многосекционные сушилки. В односекционных аппаратах, применяемых часто для удаления поверхностной влаги (удаляемый влагосъем достигает 1000 кг с 1 м<sup>2</sup> решетки), вследствие близости по гидродинамике к аппаратам идеального смешения наблюдается значительный разброс времен пребывания частиц материала, что приводит к неравномерности сушки; многосекционные сушилки обеспечивают большую равномерность высушивания материала.

Сушилки цилиндрические с фонтанирующим слоем, а также вытянутые (в виде желоба) аппараты. В этих сушилках создается режим фонтана, в ядре которого частицы материала движутся вверх в режиме пневмотранспорта, а на периферии медленно сползают вниз. Недостаток сушилок заключается в том, что при сушке коллоидных капиллярно-пористых материалов, к которым относится овощное сырье, происходит образование агломератов, которые не только остаются до конца всего процесса, но и наблюдается их уплотнение в результате потери влаги.

Конвективные сушилки с закрученным взвешенным слоем материала являются одними из наиболее эффективных аппаратов для удаления поверхностной влаги. Они представляют собой цилиндрический корпус с тангенциальными подводами теплоносителя. Аппарат работает по следующей схеме. Через верхний или нижний бункер в сушилку помещается растительное сырье. Теплоноситель, подаваемый вентиляторами через тангенциальные подводы, проходит через подводы с ТЭНами, нагреваясь до необходимой температуры, попадает на ленту шнека работающего для отделения встречных потоков во избежание их столкновения и потери напора на входе в корпус. Растительное сырье подается через верхний или нижний бункер в зависимости от характера загружаемого сырья. Воздух, проходя через камеры, образуемые лентой шнека, 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 воздухопровод. Данный аппарат имеет возможность рециркуляции. Высушиваемое сырье, достигая необходимого влагосодержания и поднимаясь на необходимую высоту попадает внутрь конуса и перемещаясь в нем под действием силы тяжести попадает в отсек выгрузки.

Из всех ранее рассмотренных конструкций конвективных сушилок наиболее эффективной является сушилка с закрученным слоем, так как она обеспечивает максимально возможную поверхность теплообмена, а завихрение потока способствует разбитию агломератов частиц. Однако даже эту сушилку наиболее рационально использовать только в первый период сушки, так как материал при дальнейшем обезвоживании все равно перегревается и в конечной продукции повышается процент брака.

Эффективным способом консервирования растительных материалов является сушка с конвективно-вакуум-импульсным (КВИ) воздействием, при котором интенсифицируются внешний и внутренний тепло- и массообмен [4], сокращается длительность процесса и исключается перегрев продуктов не только во 2-ом периоде сушки (после удаления свободной влаги). При импульсном вакуумировании предварительно нагретого растительного материала процесс влагоудаления интенсифицируется в 5-10 раз с миграцией части влаги на поверхность высушиваемого материала в виде жидкости, минуя фазовый переход в пар внутри сушимого продукта. Интенсивное испарение влаги с поверхности продукта вызывает снижение его температуры. При импульсном изменении давления в сушильной камере (до  $P_{осм} = 100 \text{ Па}$ ) в предварительно нагретом сырье интенсифицируется не только процесс удаления влаги, но и кислорода из пустот капилляров, происходит разрушение части межклеточных мембран, что ведет к подавлению окислительно-восстановительных реакций (гибнет часть бактерий), и в итоге комплексного воздействия КВИ режимов возникает консервирующий эффект.

#### Список литературы

1. **Васильев Л. Л.** Теплофизические свойства пористых материалов / Л. Л. Васильев, С. А. Танаева. Минск: Наука и техника, 1971. 266 с.
2. **Ставников В. Я., Баранцев В. И.** Процессы и аппараты пищевых производств. 3-е изд. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 328 с.
3. **Филоненко Г. К.** Сушка пищевых растительных материалов. М.: Пищевая промышленность, 1971. 440 с.
4. **Хасаншин Р. Р., Сафин Р. Р., Сафин Р. Г., Кайнов П. А.** Новые подходы к совершенствованию вакуумно-конвективных технологий сушки древесины // Деревообрабатывающая промышленность. 2005. № 5. С. 16-19.