

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ РАСПЫЛИТЕЛЬ ДЛЯ СУШКИ ПИЩЕВЫХ СУСПЕНЗИЙ

Г. В. Алексеев, Д. С. Михеев, И. И. Узун

Одним из важнейших требований к промышленным производствам является режим соблюдения энерго- и ресурсосбережения при щадящем воздействии на окружающую среду. С этих позиций современные пищевые производства все в больших объемах используют как само сырье (например, сухое молоко), так и биологически активные добавки (например, пектин и инулин) в виде пищевых порошков. Сами эти порошки получают сушкой пищевых суспензий, механизм которой состоит в том, что с поверхности высушиваемого материала удаляется влага. Причем по мере удаления влаги из продукта остальная часть ее вследствие увеличения сил сцепления удерживается прочнее. В результате увеличения сопротивления движению воды скорость высыхания уменьшается и количество испарившейся влаги перестает быть пропорциональным времени сушки. Решение этой проблемы возможно повышением температуры сушки или большим диспергированием высушиваемого материала. Таким образом, на скорость сушки решающим образом влияет величина поверхности испарения (поверхности теплоотдачи), то есть величина рабочей поверхности высушиваемой жидкости омываемой воздухом, а для увеличения поверхности испарения необходимо изыскивать средства максимального распыления материала.

Ключевые слова: сушка, пищевые суспензии, повышением температуры сушки, диспергирование, поверхность высушиваемой жидкости, средства распыления материала.

Процесс распыления жидкости является сложным физическим явлением, которое состоит в дроблении струи жидкости на большое число капель и распределении этих капель в пространстве. Сложный комплекс явлений, сопровождающих этот процесс, затрудняет создание надежной теории. В настоящее время существуют следующие основные точки зрения на механизм распыливания [1]. Он реализуется:

- распадом струй под влиянием осесимметричных возмущений, возрастающих под воздействием капиллярных сил, может быть распространен на тонкие струи, движущиеся с малыми скоростями;
- распадом струй под воздействием турбулентных пульсаций, приводящих к отрыву отдельных частиц жидкости;
- распадом струй под воздействием кавитационных явлений, возникающих вследствие колебательных процессов, которые сопровождают течение жидкости перед распыливанием;
- распадом струй под влиянием внешних инерционных сил, роль которых становится весьма существенной при высоких скоростях истечения.

Каждая из рассмотренных точек зрения не может полностью охарактеризовать процесс распыливания жидкости. Трудно также

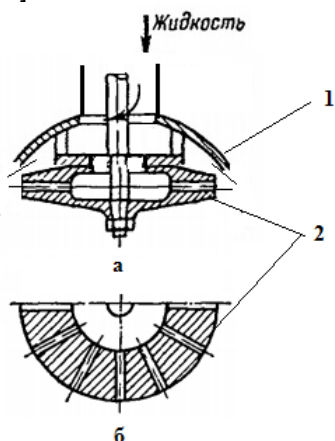
отдать предпочтение какому-либо из механизмов, вероятно, при определенных условиях (на определенной стадии распыливания) протекает каждый из этих процессов.

Изучение описанных механизмов и закономерностей распыливания жидкостей тем более необходимо, поскольку этот процесс часто сопровождает процессы получения порошкообразных продуктов, например, пищевого назначения, при сушке получаемых суспензий. Одним из наиболее обсуждаемых в последнее время процессов такого рода является процесс сушки пектина.

В настоящее время процессы такого рода реализуют с помощью распылительных сушилок с усовершенствованными распылительными механизмами [2].

В одной из таких разработок распылительная сушилка содержит сушильную камеру, газораспределительную решетку, подающие гидравлические форсунки, причем полость сушильной камеры имеет конструктивное удлинение в виде полого цилиндра, в котором установлен газоход для подачи сушильного агента, и в верхнюю часть сушильной камеры дополнительно введен трубчатый кольцевой питатель, соединенный с цилиндром и оснащенный по периферии гидравлическими форсунками, направ-

ленными на стенки сушильной камеры. Решая часть назревших практических задач, такого типа установки оставляют резервы для более полного использования энергетических ресурсов и повышения качества продукта [3-4].



а – вид устройства в разрезе;
б – диск с сопловыми проточками;
1 – параболический отражатель;
2 – распылительный диск

Рисунок 1 – Возможная конструкция распылительного элемента для сушки молока

Определенным шагом в направлении энерго- и ресурсосбережения процесса сушки пищевых порошков типа пектина или инулина может быть использование в этом процессе элементов струйного распыления за счет изменения конструкции распылительного элемента (рисунок 1).

Распыливаемая жидкость подается под вращающийся с большой скоростью параболический экран 1 через радиальные отверстия, где формируется одна группа струй, и в распылительный диск 2 с сопловыми проточками, где формируется другая группа струй.

Целесообразность такого изменения подтверждается следующим предварительным расчетом (рисунок 2).

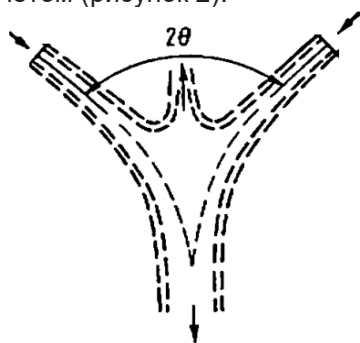


Рисунок 2 – Расчетная схема

соударения струй

При соударении двух струй равного диаметра под углом 20° жидкость из точки столкновения будет растекаться радиально, образуя пленку, лежащую в плоскости симметрии. При этом часть жидкости направляется в вихревую полуплоскость, а часть в нижнюю [5-7]. Доля каждого из этих потоков определяется углом 20° между осями струй. При угле 20° , равном 180° , оба потока равны, а при его уменьшении доля потока, направляющегося в верхнюю полуплоскость, уменьшается.

Размер образующихся при распаде пленки капель зависит от ее толщины. Для определения параметров пленки воспользуемся выводами И. Г. Паневина [8]. Так как обе струи растекаются симметрично, можно ограничиться рассмотрением только одной из них. Примем, что тангенциальный переток отсутствует, а жидкость идеальная. Тогда, как следует из уравнения Бернулли, скорость жидкости в струе и пленке на достаточном расстоянии от точки растекания будет одинаковой [9-11].

Расход жидкости в элементарном секторе с углом $\Delta\varphi$ будет равен:

$$\Delta G_\varphi = \rho w h_\varphi r \Delta\varphi, \quad (1)$$

где h_φ – текущая толщина пленки в рассматриваемом сечении ее цилиндрической поверхностью радиуса r .

Из условий сохранения расхода имеем:

$$r \int_0^{2\pi} h_\varphi d\varphi = \frac{\pi d^2}{4} \quad (2)$$

Записывая уравнение закона сохранения количества движения и проектируя его на оси Ox и Oy , получим:

$$r \int_0^{2\pi} h_\varphi \cos \varphi d\varphi = \frac{\pi d^2}{4} \cos \varphi \quad (3)$$

$$\int_0^{2\pi} h_\varphi \sin \varphi d\varphi = 0 \quad (4)$$

После совместного решения этих уравнений и преобразований, а также учитывая, что эти уравнения записаны только для одной струи, получим зависимость для определения абсолютной толщины пленки:

$$h_\varphi = \frac{h_0 \sin^2 \theta}{1 + \cos^2 \varphi - 2 \cos \Theta \cos \varphi}, \quad (5)$$

где
$$h_0 = \frac{d^2}{4r} \quad (6)$$

Из последнего уравнения следует, что толщина пленки в любом цилиндрическом сечении не зависит от скорости течения и является функцией угла соударения и диаметра струй [12–14]. Численный анализ приведенных аналитических соотношений позволил сделать дополнительный важный вывод об изменении характера формирования пленки распыливания от еще одного важного параметра – выходного угла факела струи.

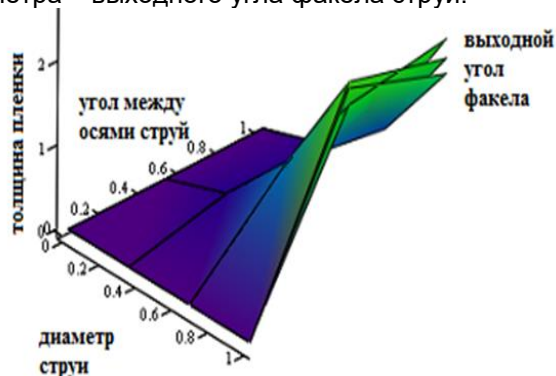


Рисунок 3 – Характер зависимости толщины от режимов распыления

При определенной величине выходного угла факела струи толщина пленки увеличивается быстрее, несмотря на увеличение угла пересечения струй для одних и тех же формирующих их диаметров. Это важно при выборе как самих диаметров распыливающих насадок, так и при определении геометрии их выходных отверстий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Исаев, А. П. Гидравлика дождевальных машин. – М., Машиностроение, 1973. – 234 с.
- Патент РФ №2 377 485, Распылительная сушилка, Алексанян И.Ю. и др., 27.12.2009, Бюл. № 36, 2010
- Изучение свойств пектина как растительного аналога фармацевтического желатина / Просеков А.Ю. [и др.] // Современные проблемы науки и образования, 2014, №5
- Остриков, А. Н. Процессы и аппараты пищевых производств. : в 2 кн. / А. Н. Остриков, Ю. В. Красовицкий, А. А. Шевцов ; под ред. А. Н. Острикова. Санкт-Петербург, 2007.
- Алексеев, Г. В. Современные подходы к рациональному использованию ресурсов при первичной обработке пищевого сырья / Г. В. Алексеев, Е. И. Верболоз // Вестник Международной академии холода. – 2003. – № 4. – С. 35-39.
- Лукачев, В. П. Топливные ультразвуковые форсунки / В. П. Лукачев, Л. Г. Ключарев // Известия вузов. Энергетика. – 1969. – №4. – С. 261.
- Механический способ выделения пектиновых веществ / А. М. Богус, Е. П. Запорожец, Г. Н. Тлехурай, М. Ю. Яхутль // Вестник Российской

академии сельскохозяйственных наук. 1998. – № 1. – С. 79.

8. Паневин, И. Г. Рабочие процессы в тепловых двигательных установках / И. Г. Паневин // Труды МАИ. – Вып.119. – С. 39.

9. Донченко, Л. В. Производство пектина / Л. В. Донченко, Н. С. Карпович, Е. Г. Симхович. Кишинев, 1999. – 180 с

10. Особенности сушки порошковых пищевых продуктов в псевдооживленном режиме / Г. В. Алексеев, О. А. Егорова, А. Г. Леу, А. А. Дерканосова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2017. – Т. 5. № 4. – С. 34-40.

11. Донченко, Л. В. Пектин: основные свойства, производство и применение / Л. В. Донченко, Г. Г. Фирсов. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 276 с.

12. Дранников, А. В. Повышение эффективности процесса сушки свекловичного жома перегретым паром: монография / А. В. Дранников. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. технол. акад., 2010. – 172 с.

13. Патент № 2079077 Российская Федерация, МПК F 26 В 17/10. Установка для сушки влажного зернистого материала с помощью перегретого пара / Арне Слот Енсен (Дания). – № 92016629/06, заявл. 08.07.91; опубл. 10.05.97; Бюл. № 13 // Открытия. Изобретения. – 1997. – № 13.

14. Кондратов, А. В. О модели развития кавитационной полости при измельчении пищевого сырья / А. В. Кондратов, Е. И. Верболоз, Г. В. Алексеев // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2007. – № 11. – С. 27-29.

Алексеев Геннадий Валентинович, д.т.н., профессор кафедры «Процессы и аппараты пищевых производств» мегафакультета биотехнологий и низкотемпературных систем Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики, e-mail: gva2003@mail.ru, тел: 89213350796.

Михеев Дмитрий Сергеевич, магистр кафедры «Процессы и аппараты пищевых производств» мегафакультета биотехнологий и низкотемпературных систем Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики, e-mail: mihev_1997@mail.ru, тел: 89217904875.

Узун Иван Ильич, магистр кафедры «Процессы и аппараты пищевых производств» мегафакультета биотехнологий и низкотемпературных систем Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики, e-mail: van9-uzun1995@mail.ru, тел: 89990263021.