

**МАЛОГАБАРИТНАЯ УЛЬТРАЗВУКОВАЯ СУШИЛКА С ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ
ИЗЛУЧАТЕЛЕМ И РЕЗОНАНСНЫМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБЪЕМОМ**

А.Н. Лебедев, А.В. Шалунов, В.Н. Хмелев (научные руководители)

*Бийский технологический институт (филиал) АлтГТУ им. И. И. Ползунова
659305, Бийск, ул. Трофимова, 27*

E-mail: shalunov@bti.secna.ru

В статье рассматривается конструкция ультразвуковой сушильной установки, созданной на основе дискового пьезоэлектрического излучателя ультразвуковых колебаний. Использование резонансной сушильной камеры позволило создать в рабочем объеме интенсивность звукового давления в 150 дБ. Проведенные экспериментальные исследования показали возможность уменьшения температуры сушильного агента при наложении ультразвуковых колебаний без снижения эффективности процесса.

Процесс сушки, заключающийся в удалении влаги из разных продуктов, является одной из самых затратных стадий переработки продукции сельского хозяйства и ключевой стадией получения продуктов длительного хранения. При этом качество и себестоимость конечного продукта в значительной степени определяется эффективностью процесса сушки. Традиционные способы сушки чрезвычайно энергоемки и крайне не эффективны. Сушка, с использованием стандартных конвективных (тепловых) сушилок протекает недопустимо продолжительное время при высоком энергопотреблении и, зачастую, приводит к высокому проценту брака за счет перегрева или неравномерного высушивания.

Одним из современных подходов к решению этой проблемы является использование экономичного способа, основанного на применении в качестве энергетического воздействия ультразвуковых (УЗ) колебаний. Многочисленными исследованиями, проводимыми в нашей стране и за рубежом, доказано, что использование ультразвука значительно сокращает продолжительность процесса сушки. Установлено, что для различных сельхозпродуктов, скорость ультразвуковой сушки в 2...10 раз превышает скорость конвекционной. Отличительной особенностью ультразвуковой сушки является отсутствие нагрева высушиваемого материала. Благодаря этой особенности ультразвуковая сушка является единственно возможным способом для сушки термочувствительных, термолабильных и легко окисляющихся продуктов и позволяет существенно повысить качество конечного продукта.

В использовавшихся до настоящего времени ультразвуковых сушилках, в качестве источников ультразвукового излучения, использовались газоструйные излучатели, требующие применения компрессоров высокого давления.

Проведенный анализ конструктивных особенностей и функциональных возможностей разработанных и используемых в настоящее время ультразвуковых сушилок позволил выделить следующие характерные для большинства из них недостатки [1]:

- 1) неэффективное использование энергии акустических колебаний, большая часть которой не достигает высушиваемого материала;
- 2) неравномерное ультразвуковое воздействие, приводящее к неравномерной сушке отдельных объемов материала;
- 3) низкий КПД газоструйных излучателей (не более 25%) и необходимость применения компрессоров.

Поэтому созданные и изготовленные в единичных экземплярах отечественные и зарубежные сушилки, в основном, используются как лабораторные или полупромышленные.

Для устранения указанных недостатков предложено отказаться от традиционных принципов построения УЗ сушилок за счет применения нового подхода, заключающегося в:

- 1) использовании нового класса излучателей ультразвуковых колебаний (КПД более 80%) выполненных в виде изгибно-колеблющихся дисков, размеры и форма которых выбраны из условия обеспечения необходимой частоты и направленности излучения УЗ колебаний, соединенных с пьезоэлектрическими преобразователями, питаемыми электронным генератором ультразвуковой частоты [2];

2) использовании объема сушильной камеры специальной формы, обеспечивающего самофокусировку и равномерное воздействие ультразвуковых колебаний на высушиваемый материал, возможность работы в режиме стоячей волны [3,4];

Для проведения экспериментальных исследований была предложена и разработана малогабаритная ультразвуковая сушилка с резонансной сушильной камерой. Внешний вид сушилки показан на рисунке 1.

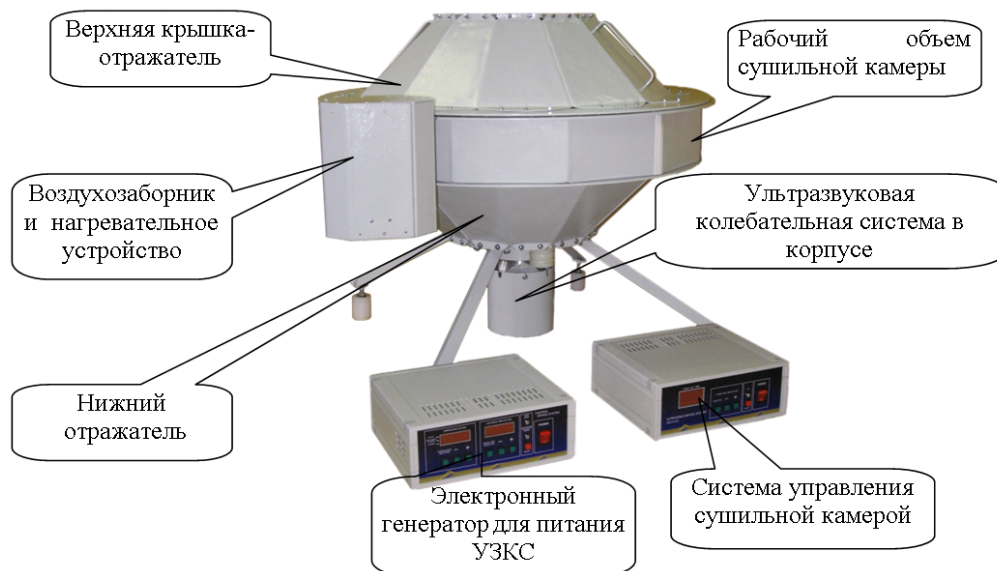


Рисунок 1 – Внешний вид ультразвуковой сушильной установки

Высушиваемый материал располагается на трех поддонах, расположенных в рабочем объеме сушильной камеры и выполненных в форме кольца, внутренний диаметр которого равен диаметру дискового излучателя, а внешний превосходит его в два раза.

В сушилке предусмотрена возможность подачи подогретого воздуха (не более 40° С), необходимого для удаления влаги из объема камеры. Форма сушильной камеры обеспечивает равномерное распределение ультразвуковых колебаний, излучаемых обеими сторонами диска, по всей поверхности высушиваемого материала, расположенного на поддонах.

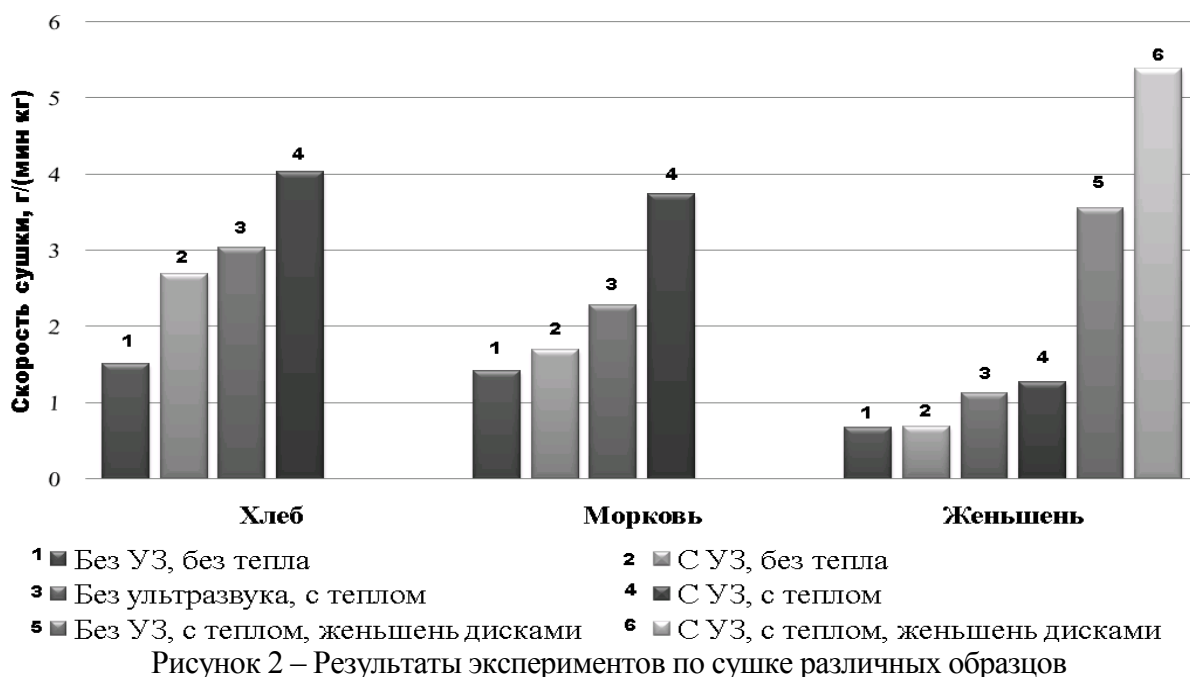
Разработанная сушилка позволила создавать в рабочем объеме интенсивность звукового давления в 150 дБ, что является достаточным условием для эффективной реализации процесса ультразвуковой сушки, а потребляемая электрическая мощность при этом не превышает 200 Вт.

Для определения эффективности ультразвуковой сушки в созданной малогабаритной сушильной камере был проведен ряд экспериментов.

В качестве экспериментальных образцов для сушки использовали: морковь, нарезанную калиброванными дисками диаметром 28 мм и толщиной 5 мм; корень женьшеня цельный; корень женьшеня, нарезанный дисками толщиной 4...5 мм; хлеб нарезанный пластинами.

Сушка проводилась в следующих режимах: без ультразвука, с обдувом наружным воздухом без нагрева; без ультразвука, с обдувом воздухом, нагретым до 40° С; с ультразвуком и обдувом наружным воздухом без нагрева; с ультразвуком и обдувом воздухом, нагретым до 40° С; без ультразвука, обдув воздухом, нагретым до 40° С, только женьшень, нарезанный дисками; с ультразвуком, обдув воздухом, нагретым до 40° С, только женьшень, нарезанный дисками.

Результаты экспериментов представлены на рисунке 2.



Использование ультразвуковых колебаний позволило увеличить скорость сушки на 20-70% в зависимости от типа материала. Отсутствие эффекта от ультразвуковых колебаний при сушке цельного корня женьшеня можно объяснить малой площадью поверхности испарения и наличием толстой корки, препятствующей выходу влаги. Из рисунка следует, что увеличение площади поверхности высушиваемого материала позволяет значительно увеличить скорость сушки и в таком случае УЗ воздействие оказывает максимальный эффект по сравнению с конвективным методом сушки. Приrost достигает 40% (в случае женьшеня).

Таким образом, в результате проведенных экспериментов установлено, что использование ультразвуковых колебаний высокой интенсивности позволяет снизить температуру сушильного агента без снижения эффективности процесса. При этом скорость сушки зависит не только от материала, но и от площади поверхности высушиваемого материала. Поэтому, наиболее целесообразно создавать комбинированные сушильные установки (ультразвуковые - конвекционные) с минимальным увеличением температуры сушильного агента и равномерным акустическим полем высокой интенсивности.

Работа выполнена при финансовой поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации для поддержки молодых российских ученых - кандидатов наук и их научных руководителей № МК-383.2008.8.

Список литературы

1. Ультразвуковые многофункциональные и специализированные аппараты для интенсификации технологических процессов в промышленности / В.Н. Хмелев, А.В. Шалунов [и др.]. – Барнаул: АлтГТУ, 2007. – 416 с.

2. Патент РФ №2332266, от 2008.08.27, УЛЬТРАЗВУКОВАЯ КОЛЕБАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА, Хмелев В.Н., Лебедев А.Н., Барсуков Р.В., Цыганок С.Н., Савин И.И.

3. Заявка на патент №2008118796/06 от 12.05.2008 г. УСТРОЙСТВО ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СУШКИ, Хмелев В.Н., Шалунов А.В., Лебедев А.Н., [и др.]

4. Choo Kwang Moon, Shalunov A.V., Lee Hyo-Jai, Lebedev A.N., Khmelev M.V. "Compact Ultrasonic Dryer for Capillary-porous and Loose Materials" Ninth International Workshops and Tutorials on Electron Devices and Materials EDM'2008: Workshop Proceedings. - Novosibirsk: NSTU, 2008. - P.295-299.