

УДК 637.5

## Обоснование эффективности прессования макаронных изделий в поле ультразвука

канд. техн. наук Антуфьев В.Т. [antufjew2010@yandex.ru](mailto:antufjew2010@yandex.ru)

д-р техн. наук Верболоз Е.И. [elenaverboloz@mail.ru](mailto:elenaverboloz@mail.ru)

Кобыда Е.В. [elenakobyda@yandex.ru](mailto:elenakobyda@yandex.ru)

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет ИТМО  
Институт холода и биотехнологий  
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

*Проводимые исследования направлены на изучение процессов прессования макаронных изделий в поле ультразвука с целью снижения энергетических затрат, повышения их прочности и качества, увеличения срока хранения. Предложен и реализован механизм использования ультразвука для повышения плотности прессованных макаронных изделий. Предварительные эксперименты выработки макаронных изделий в присутствии ультразвука дали положительные результаты, ожидаемый экономический эффект за счёт снижения затрат на электроэнергию и повышения качества продукции около 15-20%. Предлагаемая технология менее требовательна к качеству муки и соотношению ингредиентов. Возможна модернизация макаронных прессов непосредственно на предприятиях.*

**Ключевые слова:** макаронные изделия, прессование, наложение ультразвука, повышение прочности.

---

## Substantiation of pasta pressing efficiency in the ultrasound field

*Ph.D.* Antuf'ev V.T., *Ph.D.* Verboloz E.I., Kobyda E.V.

*Saint-Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics.  
Institute of Refrigeration and Biotechnology  
191002, St. Petersburg, Lomonosov str., 9*

*Conducted research is aimed at studying of pasta pressing processes in the field of ultrasound in order to reduce energy costs, increase their strength and quality and increase shelf life. A mechanism for the use of ultrasound was proposed and implemented to increase the density of extruded pasta. Preliminary experiments of production pasta in the presence of ultrasound have shown positive results, the expected economic benefits by reducing energy costs and improving the quality of product is about 15-20%. The proposed technology is less*

*demanding on the quality of flour and ratios of ingredients. Pasta press can be upgraded on the plants directly.*

**Keywords:** pasta, pressing, overprint of ultrasound, increased strength.

Макаронные изделия относятся к основным продуктам питания, и выработка их во все более возрастающем ассортименте требует совершенствования оборудования и технологии этого процесса. Процесс прессования характеризуется большими удельными затратами энергии, а вопросы рационального расходования топливно-энергетических ресурсов приобретают важное значение. Известно, что в настоящее время большим спросом у потребителей пользуются макаронные изделия с укропом, петрушкой, томатной пастой и т.д. Добавки могут снижать прочностные и варочные свойства изделий в худшую сторону, что требует повышения давления при прессовании или применения новых физических способов обработки макаронного теста. Поэтому перед научными и производственными работниками стоят задачи создания и освоения прогрессивных процессов с применением современных физических методов обработки, проектирования и создания нового оборудования повышенной эффективности. Ведущими представителями, производящими технологии и оборудование для экструзионного воздействия на перерабатываемый материал являются: немецкая фирма «Бюллер», итальянская фирма «Паван-мампимпьянти», французская фирма «Бассано». Вышеперечисленные фирмы разработали достаточно эффективные методы осуществления экструзионных технологий. Однако, несмотря на наличие при фирмах научно-исследовательских центров, технологии, разработанные ими, рассчитаны на высококачественное сырьё, без учёта кинетики изменения структурно-механических свойств и химического состава теста. Вместе с тем представляет интерес изучение изменения этих процессов в присутствии, например, поля ультразвука и создания оборудования, учитывающее данные свойства. Проведенный анализ показал, что вибрации перспективны в технологических процессах производства макаронных изделий. Аналогов предлагаемой технологии в данное время не обнаружено. Результаты проводимых нами экспериментов показывают, что ультразвук является эффективным способом воздействия на структуру деформированного теста с целью улучшения его свойств. Обработка опытных данных показывает, что использование ультразвука существенно снижает затраты энергии и необходимое давление при формовании вязко-пластичных материалов, повышает производительность оборудования, и улучшает качество изделий.

Эксперименты показали, что эффекты при прессовании теста проявляются в различной степени в зависимости от влажности материала, частоты и амплитуды

колебаний, способа подведения вибраций к матрице или к шнековой трубе макаронного пресса. Выявлено, что при ультразвуковом прессовании имеет место ряд отличий от низкочастотного вибрационного формования:

- многократное снижение сил трения при прессовании макаронного теста в матрице и шнековой трубе пресса и, соответственно, снижение давлений;
- локальное выделение тепла в очаге деформации непосредственно на поверхности формируемых изделий;
- обнаружен эффект «наклепа» и «цементации» поверхностного нанослоя изделия при соприкосновении с вибрирующими фильерами матрицы;
- достигается значительное увеличение пластичности и снижение внутренних напряжений и плотности дефектов. При этом предел прочности макаронных изделий возрастает;
- выделение влаги на поверхности изделий за счет звукокапиллярного эффекта;
- применение высокочастотных (ультразвуковых) механических колебаний, накладываемых на фильеры прессующего устройства, способствует увеличению ресурса пресс-формы.

Процесс ультразвукового прессования вызывает повышенные нагрузки на ультразвуковую волноводную систему, что приводит к снижению эффективности работы генератора. Существующие методики расчета ультразвуковых волноводных систем требуют уточнения влияния нагрузки, что возможно при дополнительных исследованиях на моделях макаронного пресса.

Задачами исследования являются:

- а) Создать компьютерную программу обработки экспериментальных данных с лабораторной установки при прессовании макаронных изделий в поле ультразвука;
- б) Выявить количественные закономерности воздействия ультразвука на процессы релаксации и ползучести макаронного теста, энергетику прессования и качественные показатели изделий;
- в) Разработать математическую модель функционирования макаронного пресса с ультразвуковым устройством;
- г) Провести экспериментальную оптимизацию рабочего процесса модернизированного макаронного пресса;
- д) Разработать технические условия на производственный образец модернизированного макаронного пресса и дать технико-экономическую оценку результатов исследования.

На кафедре ТППиТ проведены эксперименты по выработке макаронных изделий с наложением ультразвука (20500 Гц) на матрицу, которые дали положительные

результаты. Исследования, связанные с разработкой макаронного прессы с ультразвуковым устройством, показали, что видимо из-за отсутствия глубокого понимания физической сущности процесса и методик снижения энергетических затрат, применение ультразвука для уплотнения макаронного теста не нашло еще должного практического применения. Объясняется это, в большей степени, отсутствием обобщающих данных теоретического и экспериментального характера такой технологии.

Теоретические исследования показали, что положительные эффекты применения ультразвука при прессовании макаронного теста (снижение энергоемкости процесса и повышение прочности) объясняются интенсификацией процесса ползучести и релаксации в уплотняемом материале.[2]. В начальный момент уплотнения теста ультразвук вызывает уменьшение сил сцепления и трения между частицами. Вследствие этого набухшие частицы получают дополнительную возможность проскальзывания и укладываются более плотно. Это приводит к увеличению, по сравнению со статическим уплотнением, доли направленных и ориентированных по ходу движения теста структурных деформаций, уменьшению необходимых давлений и энергоемкости процесса. Анализ показывает, что применение ультразвука при прессовании макаронных изделий может снизить энергоемкость не менее, чем в 1,4-1,5 раза.

В настоящее время проводится модернизация действующей лабораторной установки с переводом ее на компьютерное программирование и автоматическую регистрацию показаний процесса прессования макаронных изделий.

Ожидаемый экономический эффект за счёт снижения затрат электроэнергии и повышения качества макаронных изделий - до 15-20%. Предлагаемая технология менее требовательна не только к качеству муки, но и позволяет использовать растительные добавки без снижения потребительских свойств изделий.

Схематически экспериментальная установка изображена на рисунке 1:

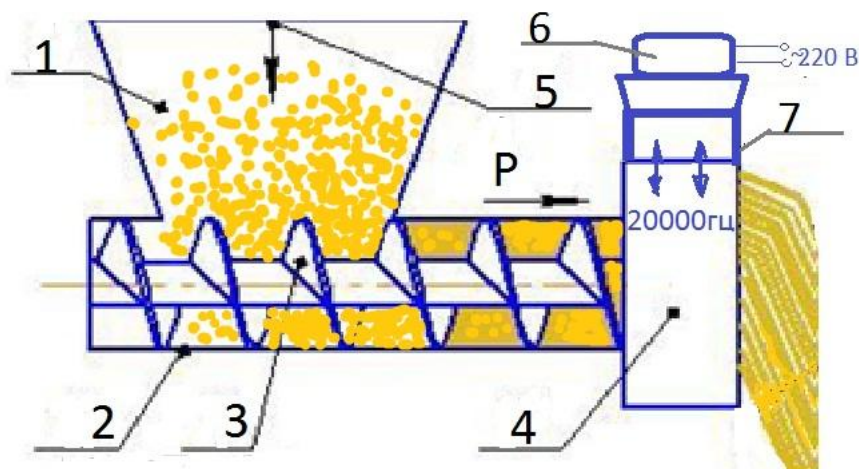


Рис. 1. Схема ультразвукового пресса с радиальным подведением колебаний: 1 –бункер; 2 – шнековая труба; 3 – шнек; 4 – матрица с накидной гайкой; 5-тесто; 6 – магнитострикционный преобразователь; 7 – экспоненциальный ультразвуковой концентратор; P- давление перед фильерами матрицы.

Для исследования влияния режимов прессования на характеристики макаронных изделий была применена экспериментальная установка (рис.1). В качестве технологической оснастки использовалась стальная цилиндрическая зажимная гайка, связанная болтовым соединением с концентратором ультразвукового устройства Волна – М УЗТА-1/22-0Рв. К матрице, закрепленной зажимной гайкой, в радиальном направлении подводились ультразвуковые (УЗ) колебания, а вдоль перпендикулярной оси одновременно прикладывалось статическое давление прессования  $P$ . Следовательно, матрица являлась частью акустического волновода, а собственная резонансная частота УЗ колебаний всей акустической системы составляла 20,5 кГц. Интенсивность УЗ воздействия на прессуемое тесто от вибрирующих фильер матрицы вручную задавалась выходной электрической мощностью УЗ генератора. Для сравнения макаронные изделия прессовались обычным одноосным статическим прессованием (без УЗВ), так и с наложением УЗ колебаний. Даже без использования инструментальных методов видны различия: образцы, приготовленные прессованием с использованием УЗ воздействия на тесто, более гладкие, блестящие и однородные на срезе. На этом этапе основное внимание уделялось определению снижения общих энергетических затрат пресса с ультразвуковым устройством (до 30%) и содержанию традиционных дефектов (поры, включения), присущих промышленным методам прессования. Выявлено, что при соответствующем подборе мощности ультразвукового устройства энергетические

затраты пресса можно понизить, а обнаруженные в образцах дефекты устраняются выбором условий и оптимизацией режимов докавитационного прессования.

Таким образом, полученные результаты показали эффективность применения ультразвукового прессования макаронных изделий и необходимость дальнейшей оптимизации режимов.

Список литературы:

1. Антуфьев В. Т., Верболоз Е.И., Кобыда Е.В., Корниенко Ю.И. Заявка на изобретение «Макаронный пресс». Москва, ВНИИГПЭ № 2001108208 от 16.04.2013г.
2. Иванов В.С. Сверхвысокочастотный пресс макаронных изделий / В.С.Иванов // Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства». Выпуск 14. – Йошкар-Ола: Марийский ГУ, 2012. – С.141-143.
3. Хмелов В. Н., Цыганок С. Н., Хмелов С.С., Лебедев А. Н. Ультразвуковой аппарат для интенсификации процесса прессования волокнистых материалов Tenth international conference and seminar on micro/nanotechnologies and electron devices EDM'09, Новосибирск, 2009.