

## ПРИМЕНЕНИЕ КАВИТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ СЫРНОГО СЫРЬЯ

**Н. В. Оболенский**, д.т.н., профессор ГБОУ ВПО «Нижегородский государственный инженерно-экономический институт»;

**Ю. Е. Крайнов**, старший преподаватель, ГБОУ ВПО «Нижегородский государственный инженерно-экономический институт»

**Аннотация.** В последние годы на стыке наук: физики акустических и гидродинамических волновых процессов, нестационарной гидродинамики, химической кинетики сложилось новое научное направление - технология кавитационно-акустического воздействия. Разрабатываемые в рамках этого направления технологии и оборудование могут быть использованы в различных отраслях промышленности, в частности, в молочной.

**Ключевые слова:** кавитация, гидродинамика, теплота, ультразвук, реактор.

Использование ультразвуковых колебаний высокой интенсивности позволяет ускорить многие технологические процессы, протекающие в жидких, газообразных и твердых средах. Основным фактором, инициирующим ускорение процессов в ультразвуковом поле высокой интенсивности, является кавитация - явление образования и схлопывания парогазовых пузырьков в жидкой среде, подвергаемой гидродинамическому воздействию (рис. 1.).

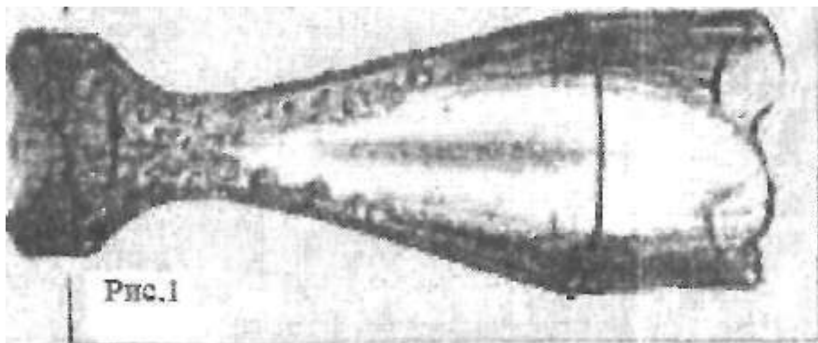


Рис. 1. Процессы кавитации в жидкой среде

Явление гидродинамической кавитации возникает при распространении в жидкости упругих колебаний с заданной амплитудой гармонического давления и строго детерминировано по распределению энергии с параметрами пространства упругих колебаний.

Кавитационные реакторы конструкции Ю. С. Потапова - ЮСМАР были первыми серийно выпускаемыми и внедренными в эксплуатацию. Кроме ЮСМАР малыми сериями изготавливались и поставлялись потребителям теплогенераторы: Палевича А. Ф. (патент RU 2129689 от 06.04.98 г.), Мустафаева Р. И. (патент RU 2132517 от 27.06.99 г.), Калиниченко А. Б. (патент RU 2223452 от 10.02.04 г.) и близкий по конструкции инжекторный термогенератор Курносова Н. Е (патент RU 2177591 от 27.12.01 г.), где для ускорения жидкости вместо циклона используется тангенциальное сопло. В настоящее время нам известно 32 патента на «вихревые трубы» и 18 патентов на инжекторные / эжекторные теплогенераторы. (1)

В основу кавитационного реактора была предложена вихревая труба Ранке:

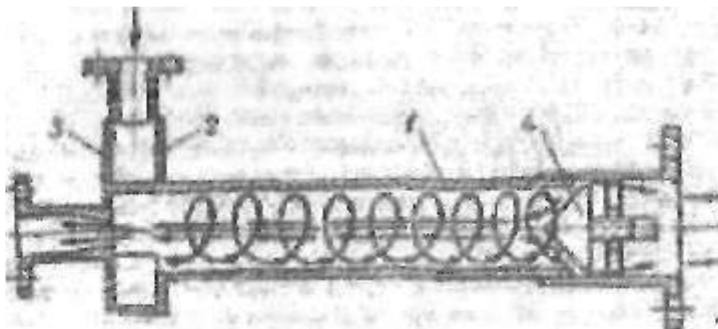


Рис. 2. Вихревая труба Ранке

Кавитационное течение характеризуют безразмерным параметром (числом кавитации):

$$\frac{P}{\rho V^2} > \frac{P_s}{\rho V^2}, \quad (2)$$

где  $P$  - гидростатическое давление набегающего потока, Па;

$P_s$  - давление насыщенных паров жидкости при определенной температуре окружающей среды, Па;

$\rho$  - плотность среды, кг/м<sup>3</sup>;

$V$  - скорость потока на входе в систему, м/с.

Известно, что кавитация возникает при достижении потоком граничной скорости  $V = V_c$ , когда давление в потоке становится равным давлению парообразования (насыщенных паров). Этой скорости соответствует граничное значение критерия кавитации.

В зависимости от величины  $X$  можно различать четыре вида потоков:

- докавитационный - сплошной (однофазный) поток при  $X > 1$ ,
- кавитационный - (двухфазный) поток при  $X < 1$ ,

- пленочный - с устойчивым отделением кавитационной полости от остального сплошного потока (пленочная кавитация) при  $X < 1$ ,

- суперкавитационный - при  $X \ll 1$ . (2)

Кафедрой «Механика» ГОУ ВПО НГИЭИ проведены исследования по влиянию гидродинамической кавитационного воздействия на сырную сыворотку, используемую в производстве сыра.

Сырную сыворотку брали с производства.

Целью исследований, было определение состава и свойств молочных кислых бактерий в сырной сыворотке, подвергнутых гидродинамической кавитационной обработке, возможности и эффективность их использования в качестве сырья для производства сыра.

Были исследованы состав и свойства сырной сыворотки до и после кавитационной обработки, а также состав и свойства готового продукта сразу после получения и в процессе хранения.

По показателям сырная сыворотка после кавитационной обработки не отличалась от сырной сыворотки до обработки. Однако температура, при которой происходило уничтожение бактерий, значительно отличалась от температуры при стандартной обработке, что видно на графиках.

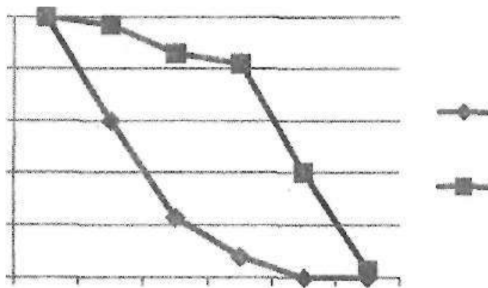


Рис. 3. Графики температуры обработки сырной смеси

Результаты исследований микробиологических показателей смеси, до и после кавитационной обработки показали соответствие показателей требованиям стандартов на сырье.

Следовательно, можно предположить, что кавитационная обработка смеси, вполне подходит для пастеризационной установки в производстве сыра.

Кавитационная обработка смеси не вызвала отклонений в режимах проведения технологических операций по выработке сыра. Анализ органолептических показателей сырной сыворотки в процессе обследования, выработанной из смеси, подвергнутой кавитационной обработке, при соответствующих температурах соответствует стандарту.

Эффективность кавитационно-акустического воздействия в технологических процессах сельскохозяйственного производства показана в статье «Эффективность кавитационно-акустического воздействия в технологических процессах сельскохозяйственного производства», опубликованной в журнале «Механизация и электрификация сельского хозяйства» № 5 за 2011 год. (Авторы: Н. В. Оболенский, В. Л. Осокни, Ю. Е. Крайнов).

Применение кавитационного реактора в пищевой промышленности позволяет не просто нагревать продукты, но и использовать его как специальное технологическое оборудование. В частности, в таких технологических процессах, как пастеризация сырного рассола.

Проведённые исследования показали, что использование кавитационной установки не требует, например при обработке сырной сыворотки нагревать её выше 90 °С. Достаточно нагрев всего до 70 °С, т.к. уничтожение микроорганизмов в ней происходит за счет схлопываний кавитационных пузырьков, что позволяет значительно экономить электроэнергию. К тому же такая обработка пищевых про-

дуктов значительно меньше изменяет их физико-химические и структурно-механические свойства, а также способствует получению продукта с максимальным содержанием в нем питательных веществ и витаминов при минимальных потерях сырья.

### **Библиографический список**

1. Потапов, Ю. С. Энергия вращения / Ю. С. Потапов, Л. П. Фоминский, С Ю . Потапов.
2. Иванов, А. Н. Гидродинамика развитых кавитационных течений / Иванов А. Н. - Л.: Судостроение, 1980. - 237 с.
3. Осокин, В. Л. Результаты экспериментально-теоретических исследований по разработке стенда испытаний подогревателей, воды: монография АВ. Л. Осокин. - Княгинино; Изд-во НГИЭИ, 2011. - 142 с.
4. Федоткии, И. М. Кавитация, кавитационная техника и технология, их использование в промышленности (теория, расчеты и конструкции кавитационных аппаратов) / И. М. Федоткин, И.С. Гулый - К.: Полиграфкнига, 1997.- 940 с.

### **APPLICATION CAVITATIVE OF PROCESSING OF CHEESE RAW MATERIAL**

*N. V. Obolenskiy*, the doctor of technical sciences, the professor of NGIEI, Knyaginino, Russia;

*Y. E. Krainov* the senior teacher, the post-graduate student of NGIEI, Knyaginino, Russia

**Annotation.** In recent years on a joint of sciences: physicists of acoustic and hydrodynamical wave processes, nonstationary hydrodynamics, chemical kinetics there was a new scientific direction - technology of cavitative-acoustic influence.

Technologies developed within the limits of this direction and the equipment can be used in various industries, in particular, in dairy.

**Keywords:** cavitation, hydrodynamics, heat, ultrasound, reactor.

## **ДИНАМИЧЕСКОЕ ГАШЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ В СИСТЕМЕ С ДВУМЯ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ**

**С. Н. Стребуляев**, к.т.н., доцент, старший научный сотрудник института прикладной математики и кибернетики Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского

**Аннотация.** Рассмотрена математическая модель динамического гасителя колебаний в линейных системах с двумя степенями свободы. Проведен анализ динамических характеристик системы и найдены оптимальные параметры, обеспечивающие минимум амплитуды колебаний основной системы. Результаты исследований получены на ЭВМ с использованием системы аналитических вычислений Maple.

**Ключевые слова:** математическая модель, инерционные, жесткостные и диссипативные характеристики, оптимальные параметры, минимум амплитуды колебаний, вычислительный эксперимент на ЭВМ.

Машина или какая-либо ее часть [1], находящаяся под действием периодического возмущения, силового или кинематического, может испытывать значительные колебания, особенно в областях частот, близких к резонансным. Попытки освободиться от источника возмущения