

Схема технологического процесса обработки кишечного сырья воздействием электромагнитного поля СВЧ и УЗ-колебаний

*Н.А. Зуева, аспирантка, М.В. Белова, к.т.н.,
Г.В. Новикова, д.т.н., профессор, Чувашская ГСХА*

Существующие рабочие камеры сверхвысокочастотных (СВЧ) установок позволяют транспортировать сырьё через объёмный резонатор в случае содержания заперённых волноводов и специальных шлюзов, ограничивающих мощность потока излучений. Все эти дополнительные узлы сложны по конструкции, а также возникают трудности при настройке электродинамической системы на необходимую частоту. Поэтому разработка установки с передвижными объёмными резонаторами, позволяющими снизить мощность потока излучений через загрузочные и выгрузные люки, актуальна.

Для обеспечения непрерывного процесса обработки кишечного сырья нами предлагается использовать в экранирующем корпусе сферические резонаторные камеры, выполненные из двух полусфер — стационарных и передвижных [1, 2].

Материал и методика исследований. Разработка и проектирование новых методов и способов реализации процесса удаления жира с поверхности кишечного сырья и удаления слизи оболочки заключается в решении комплекса взаимосвязанных задач. К ним относятся анализ физико-механических и диэлектрических свойств кишечного сырья, выбор метода энергоподвода и обоснование эффективных режимов процесса воздействия электромагнитного поля СВЧ-диапазона и ультразвуковых колебаний, расчёты теплообмена, гидравлические расчёты, конструктивное оформление установки с оснащением контрольно-измерительной аппаратурой и системами автоматического регулирования и управления [3].

К научным основам расчёта и проектирования установки для обработки кишечного сырья относятся физические законы, которым подчиняются технологические процессы и общие методы исследования. Расчётное определение параметров эффективного режима работы установки с источниками электромагнитных излучений осуществляется в соответствии с технологическими требованиями к безопасности обслуживания, при обеспечении заданной производительности.

Математическое моделирование процесса воздействия электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) и ультразвуковых (УЗ) колебаний включает следующие этапы: формулировка физической модели процесса с учётом взаимодействия двух физических факторов; математическое описание и составление алгоритма согласования параметров и режимов работы установки; решение

целевой задачи и проверка адекватности полученного решения физической модели, описывающей процесс комбинированного воздействия ЭМП СВЧ и УЗ-колебаний. Научно обоснованное проектирование такого технологического процесса и установки для его реализации осуществляли, зная физико-механические и диэлектрические свойства кишечного сырья и основные закономерности процесса. Также были выдвинуты задачи обоснования механизма процесса, выбора эффективного режима процесса и проектирования установки соответствующей производительности, обладающей высокими технико-экономическими показателями.

Результаты исследований и их обсуждение. Схема технологического процесса воздействия электромагнитного поля сверхвысокой частоты и ультразвуковых колебаний на кишечное сырьё приведена на рисунке 1.

Установка работает в периодическом режиме, транспортирование дозированного сырья осуществляется в перфорированных полусферических передвижных частях объёмных резонаторов 4, помещённых в тороидальный экранирующий корпус 2. В процессе передвижения нижних частей резонаторов 4 их загружают сырьём 14 через загрузочный патрубок. Одновременно заливают жидкость 15 через патрубок 5 так, чтобы объёмной жидкостью в области пьезоэлектрических элементов 11 достаточно их омывал.

После заполнения всех перфорированных частей объёмного резонатора 4 с сырьём закрывают загрузочный патрубок, включают СВЧ-генератор 1 и ультразвуковой генератор 11. Когда нижняя часть объёмного резонатора 4 стыкуется с верхней частью 3, сырьё подвергается воздействию ЭМП СВЧ. Когда резонатор погружается в жидкость, сырьё подвергается воздействию УЗ-колебаний. Такое чередование происходит многократно, в зависимости от вида сырья и степени его загрязнённости.

Разработанный экспериментальный образец установки для обработки кишечного сырья содержит зубчатый венец с центральным радиусом 69 см. Его линейная скорость вращения равна $0,105 \cdot 1 \cdot 34,5 = 3,6$ см/с, при частоте вращения 1 об/мин.

Если диаметр полусферы принять кратным половине длины волны (18,36 см), то при такой скорости передвижения объёмных резонаторов средняя продолжительность воздействия ЭМП СВЧ на сырьё, находящееся в одном резонаторе, составляет 5 с. Ниже приведены графики динамики нагрева (рис. 2) и зависимости приращения температуры кишечного сырья от дозы воздействия ЭМП СВЧ (рис. 3).

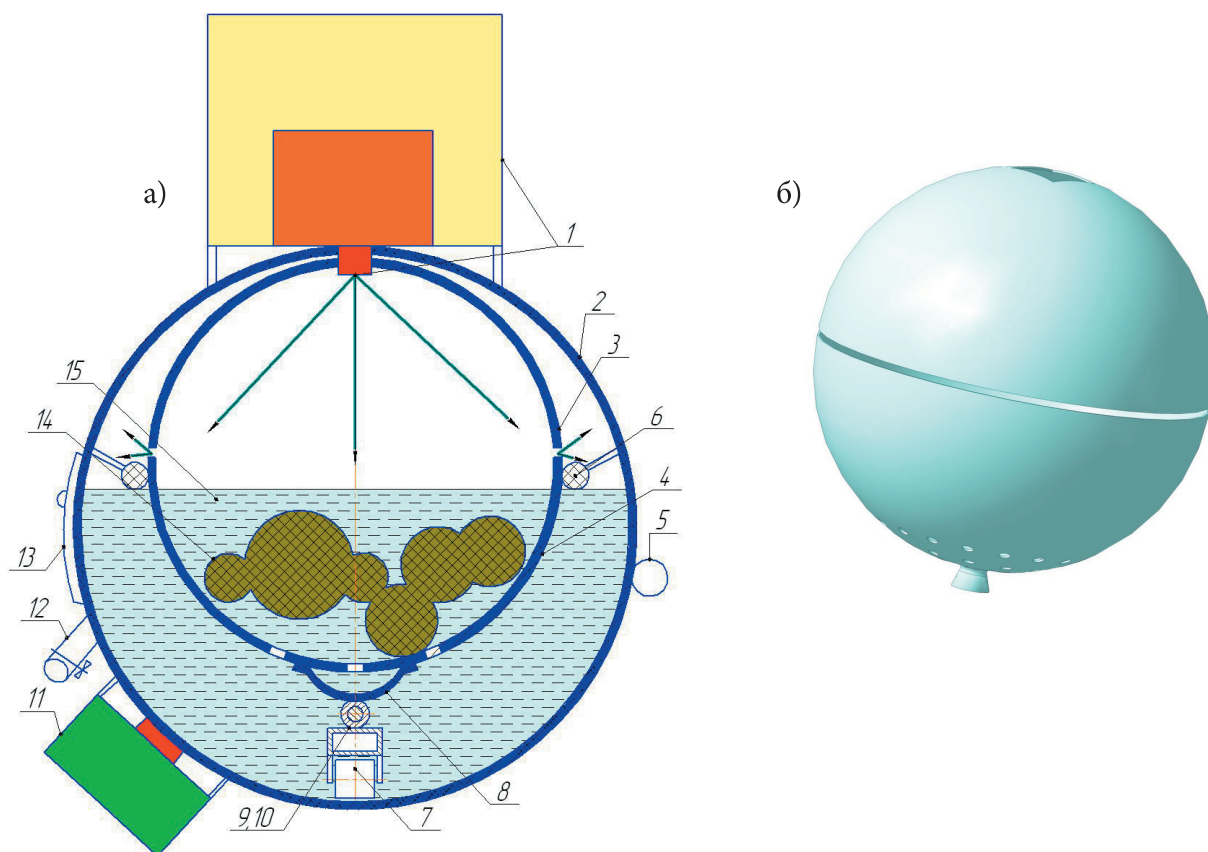


Рис. 1 – Схема технологического процесса воздействия ЭМПСВЧ и УЗ на сырьё (а), пространственное расположение пространственной сферической резонаторной камеры (б):

1 – сверхвысокочастотный генератор с магнетроном и излучателем; 2 – экранирующий тороидальный корпус; 3, 4 – сферический объёмный резонатор, состоящий из верхней (3) и нижней перфорированной (4) частей; 5 – патрубок для подачи мощней жидкости; 6 – диэлектрический ободок для направления нижних частей объёмных резонаторов; 7 – опорные ролики; 8 – шарнирное соединение; 9 – ведущая звёздочка на валу электродвигателя; 10 – зубчатый венец; 11 – пьезоэлектрические элементы ультразвукового генератора; 12 – патрубок для слива отработанной жидкости; 13 – дверца для выгрузки обработанного сырья; 14 – сырьё (черевы, пищеводы и пузыри); 15 – жидкость

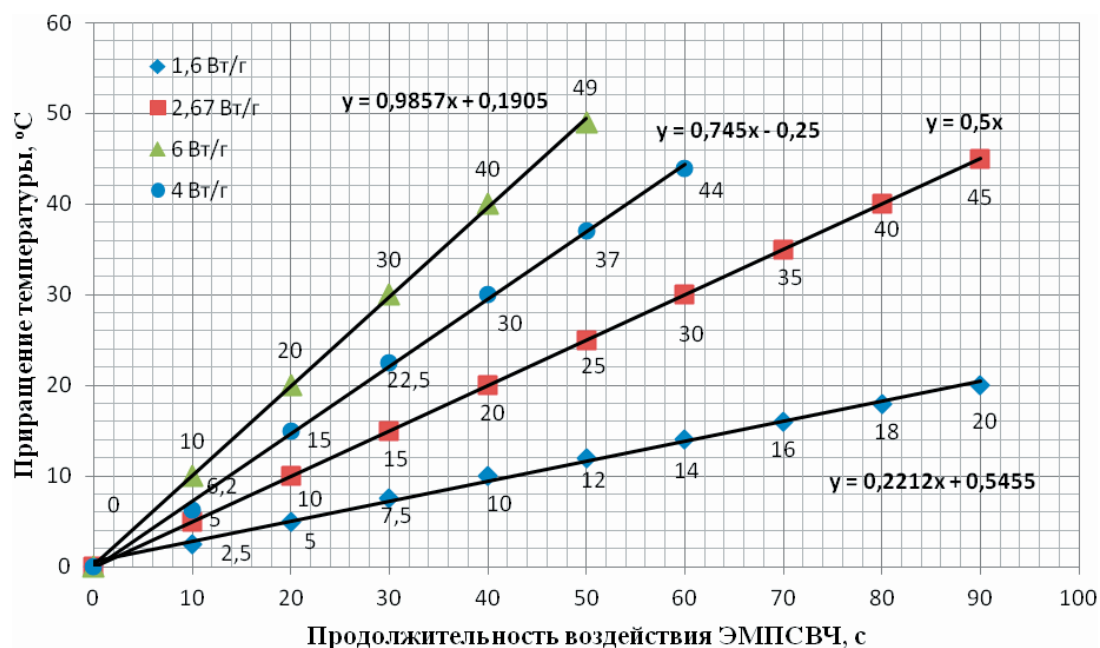


Рис. 2 – Динамика нагрева кишок убойных животных в ЭМПСВЧ при разных удельных мощностях генератора

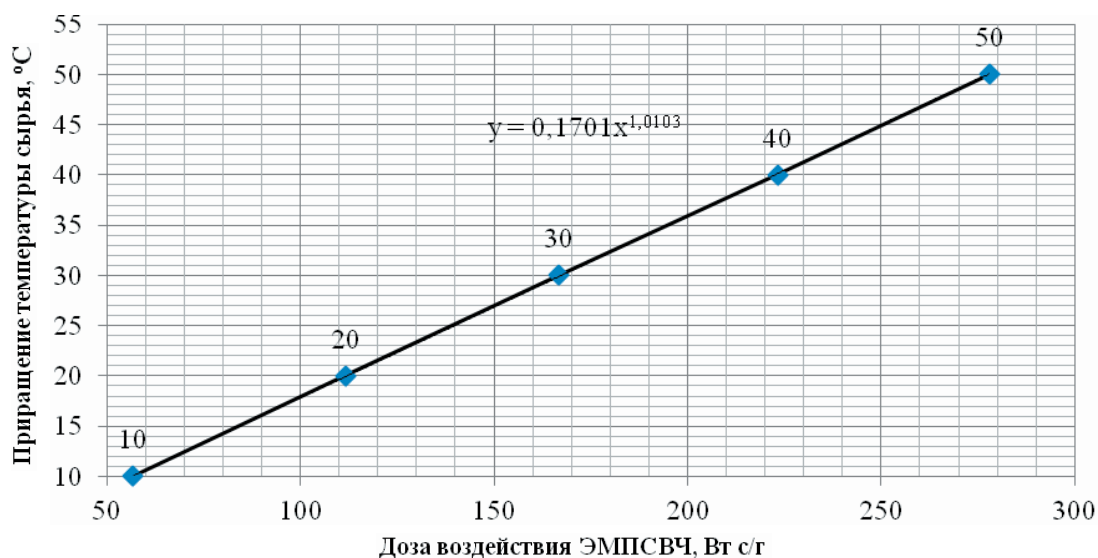


Рис. 3 – Зависимость приращения температуры кишечного сыра от дозы воздействия ЭМП СВЧ

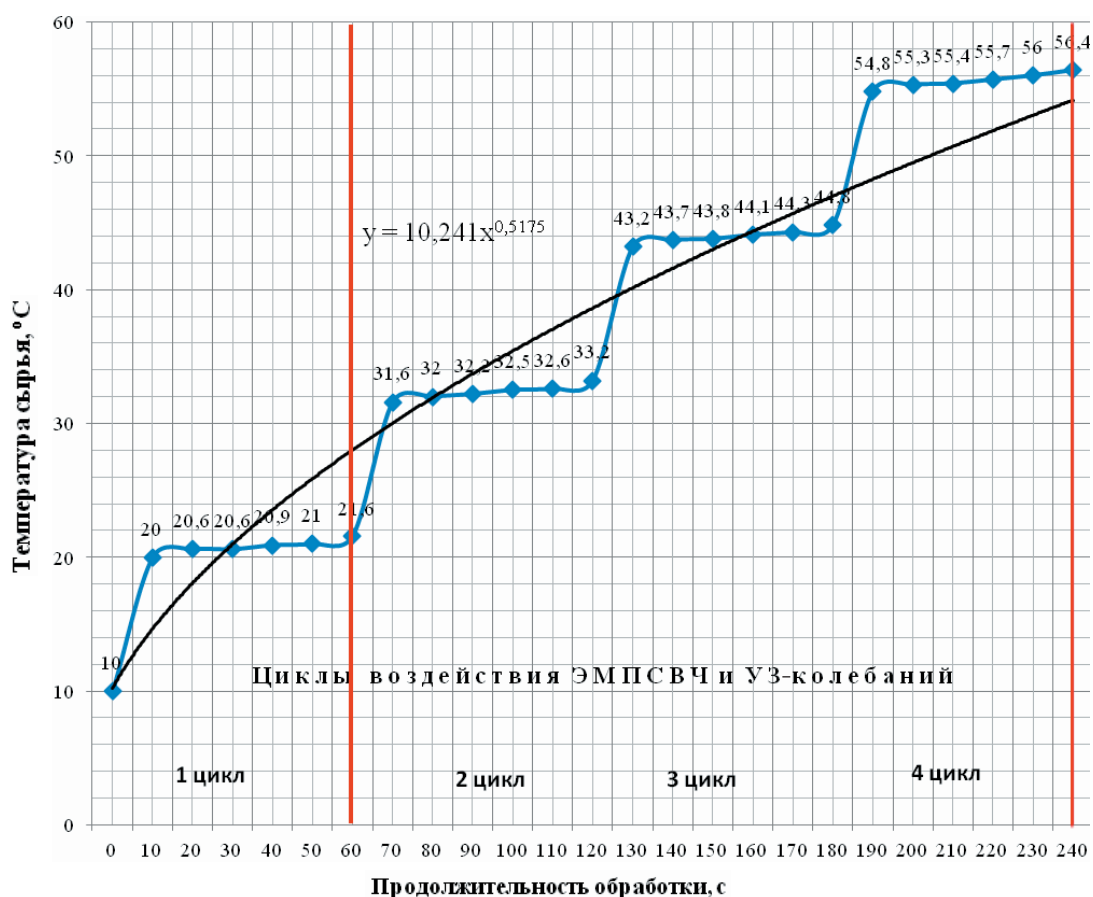


Рис. 4 – Динамика нагрева кишечного сыра комбинированным воздействием ЭМП СВЧ и ультразвуковых колебаний в разработанной установке

Из анализа графиков динамики нагрева (рис. 2) следует, что при удельной мощности 4 Вт/г можно нагреть сырьё массой 200 г до температуры 40°C при 40-секундной продолжительности воздействия ЭМП СВЧ. Если начальная температура сыра составляет 10°C, то приращение будет равно 30°C. В случае содержания установкой двух

СВЧ-генераторов при каждом обороте зубчатого венца с частотой вращения 1 об/мин сырьё подвергается воздействию в течение 10 с. Тогда за четыре оборота конечная температура кишок составит 40°C.

Динамика нагрева кишечного сыра комбинированным воздействием ЭМП СВЧ и ультразвуковых

колебаний в разработанной установке, потребляемой мощностью 3,93 кВт, производительностью 45 кг/ч приведена на рисунке 4.

Выводы. В предложенной конструкции установки для обработки кишечного сырья с использованием СВЧ- и УЗ-генераторов транспортирование дозированного сырья осуществляется в передвижных перфорированных полусферах, являющихся частью сферических резонаторов. Они расположены в тороидальном экранирующем корпусе, выполняющем функцию кольцевого волновода, обеспечивающего бегущую волну для потока излучений через зазор между частями полусфер резонаторных камер.

Выявлено, что установка в эффективном режиме при содержании зубчатого венца с центральным диаметром 0,69 см, транспортирующим сырьё в 10 полусферах, внутренним диаметром 18,36 см,

со скоростью 3,6 см/с обеспечивает производительность 45 кг/ч.

Установлено, что эффективными режимами обработки кишечного сырья являются удельная мощность СВЧ-генератора – 3–4 Вт/г, мощность УЗ-генератора – 0,73 кВт, общая продолжительность обработки – 4 мин. при периодическом режиме работы установки; удельные энергетические затраты составляют 0,075–0,083 кВт · ч/кг.

Литература

1. Белова М.В., Уездный Н.Т., Ершова И.Г. Экономическая эффективность применения СВЧ-установки для термообработки субпродуктов // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. 2013. № 4 (80). С. 30–33.
2. Новикова Г.В., Белова М.В. и др. Технологические оборудование для термообработки сельскохозяйственного сырья // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. 2013. № 4 (80). С. 12–16.
3. Гинзбург А.С. Расчёт и проектирование сушильных установок пищевой промышленности. М.: Агропромиздат, 1985. 336 с.