

УДК 637.02я73

**УСТАНОВКА ДЛЯ ТЕРМООБРАБОТКИ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ
В ПОТОЧНОМ РЕЖИМЕ**

**HEAT TREATMENT UNIT FOR SAUSAGES
IN FLOW-LINE PRODUCTION**

А. Н. Федорова, Г. В. Новикова

A. N. Fedorova, G. V. Novikova

*ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Чебоксары*

Аннотация. В статье представлено описание установки для варки колбасных изделий малого диаметра с использованием СВЧ-энергоподвода.

Abstract. This article describes the heat treatment unit for cooking sausages of small diameter using the microwave energy supply.

Ключевые слова: *сверхвысокочастотная установка, сосиски и сардельки, резонаторная камера, транспортирующий механизм, замедляющая система.*

Keywords: *microwave unit, wieners and small sausages, resonating chamber, transfer mechanism, slowing system.*

Актуальность исследуемой проблемы. Объем производства колбасных изделий в Российской Федерации составляет 2,4 млн тонн в год, из которых 550 тыс. тонн приходится на сосиски и сардельки. По Чувашской Республике эти показатели равны соответственно 10 тыс. тонн и 2300 тонн в год. По оценкам аналитиков, совокупное потребление колбасных изделий в расчете на одного жителя России составляет 15,5 кг в год. Максимальные энергетические затраты при производстве колбасных изделий приходятся на термообработку [2]. В связи с этим поиск энергосберегающей технологии варки колбасных изделий, в том числе сарделек и сосисок, является актуальной задачей.

Материал и методика исследований. Источниками СВЧ-энергии служили генератор Rolsen MS 1770 ME (полезная мощность 700 Вт, потребляемая – 1150 Вт). Контроль мощности привода рабочей камеры осуществляли с помощью цифрового измерителя мощности D2436AB и УМТК – V3.1.1. Мощность потока электромагнитных излучений около установки измеряли с помощью прибора ПЗ-41М. Измерение температуры в продукте осуществляли с помощью цифрового контролера E5CN (термопара), а исследование распределения теплового потока по поверхности продукта – с помощью тепловизора FLIR B365.

Результаты исследований и их обсуждение. Известно, что для материалов круглого поперечного сечения, диаметр которых соизмерим с рабочей длиной волны λ (более $0,1 \cdot \lambda = 0,1 \cdot 12,24 = 1,224$ см), особенно если диэлектрическая проницаемость материала велика, возникает проблема неравномерности нагрева материала. Нагрев по сечению продукта может быть крайне неравномерным. Если не добиться равномерности выделения тепла по сечению, то выравнивание температуры будет происходить за счет теплопроводности, и тогда, чтобы не перегреть области с сильным электрическим полем, придется снижать мощность СВЧ-генератора и продлить продолжительность воздействия. В результате преимущества эндогенного нагрева сводятся к минимуму.

С целью обеспечения равномерного распределения теплового потока по поперечному сечению колбасных изделий необходимо подобрать соответствующие геометрические размеры резонаторной камеры и определиться с ее конфигурацией. Поэтому нами проектируется замедляющая система в виде последовательно расположенных и связанных цепочкой колец из неферромагнитного материала. При этом экранирующим корпусом служит сама резонаторная камера микроволновой печи. Такое конструктивное исполнение связанных колец аналогично диафрагмированному волноводу, поэтому выполняет функцию замедляющей системы для обеспечения требуемого значения отклонения приращения температуры по сечению колбасных изделий. При этом электродинамическая система обеспечивает заданные параметры электромагнитного поля, т. е. необходимую мощность и структуру электромагнитного поля. Выполняются все требования к ведению технологического процесса термообработки колбасных изделий, т. е. к реализации необходимых температурных и влажностных режимов, давления. Такое конструктивное исполнение электродинамической системы, включающей магнетрон, резонаторную камеру, внутри которой имеется замедляющая система, позволяет достичь равномерного распределения теплового потока по всему сечению колбасных изделий. Электродинамическая система также содержит входные и выходные устройства (запредельные волноводы), исключающие излучение электромагнитного поля из установки в окружающее пространство при загрузке и выгрузке продукта из рабочей камеры. Эти устройства имеют такие размеры, чтобы не пропустить электромагнитную волну длиной 12,24 см, т. е. если длина волны больше критической длины волны, то волна не войдет в запредельный волновод. Критическая длина волны обуславливается поперечными размерами запредельного волновода и диэлектрическими свойствами продукта, заполняющего волновод. Такое исполнение рабочего органа обеспечивает более «мягкий» нагрев колбасных изделий. Длина рабочей замедляющей системы выбрана такой, чтобы встречаемые волны при заполнении центральной части замедляющей системы фаршем, т. е. диэлектриком с большими потерями, затухали немного дальше середины замедляющей системы. Диаметр колец выбирают таким, чтобы в пределах этого отрезка не было высших типов волн, а могла распространяться только волна типа TEM. Согласование резонаторной камеры прямоугольного сечения (микроволновой печи) с замедляющей системой осуществляется экспериментально, путем подбора диаметра колец, расстояния между ними и их количества.

Существуют разные замедляющие системы, имеющие свои особенности и недостатки, например, типа «диафрагмированный волновод» – сложно по конструкции. Нами предлагается применить в качестве замедляющей системы цепочку связанных между собой и резонаторной камерой колец из неферромагнитного материала.

Когда известен диаметр продукта (сосисок) $2r_0$ и его диэлектрическая проницаемость ϵ_1 , рабочая длина волны λ и замедление m , при котором имеет место равномерное распределение тепловых источников по поперечному сечению, и тип замедляющей системы, необходимо так подобрать ее геометрические размеры, чтобы, кроме требуемого значения m (т. е. β), дисперсия вблизи рабочей длины волны была как можно меньше [4].

Распределение тепла по сечению продукта получается очень неравномерным: вблизи оси – максимум нагрева, а затем, с увеличением радиуса, – все более быстрый спад, почти до нуля, причем спад тем более быстрый, чем больше диэлектрическая проницаемость (зависящая от влажности фарша). Теоретический анализ показывает, что мощность, генерируемая в продукте в зависимости от волнового числа и постоянной распространения волны вдоль продольной оси в объеме продукта, изменяется волнообразно [1], [4].

С учетом этих особенностей нами для термообработки сарделек и сосисок разработана установка с использованием энергии электромагнитного поля сверхвысокой частоты (рис. 1, 2). Установка для термообработки колбасных изделий содержит объемные резонаторы СВЧ-генератора, через каждый из которых проложен радиопрозрачный трубопровод. Он расположен в горизонтальной плоскости, и на него надеты кольца из ферромагнитного материала шириной больше, чем расстояние между кольцами. Между объемными резонаторами на радиопрозрачный трубопровод намотан водопроводный шланг и надет экранирующий трубопровод, при этом начало радиопрозрачного трубопровода соединено с входным патрубком, а за последним объемным резонатором установлены запредельный волновод и транспортирующий механизм [3].

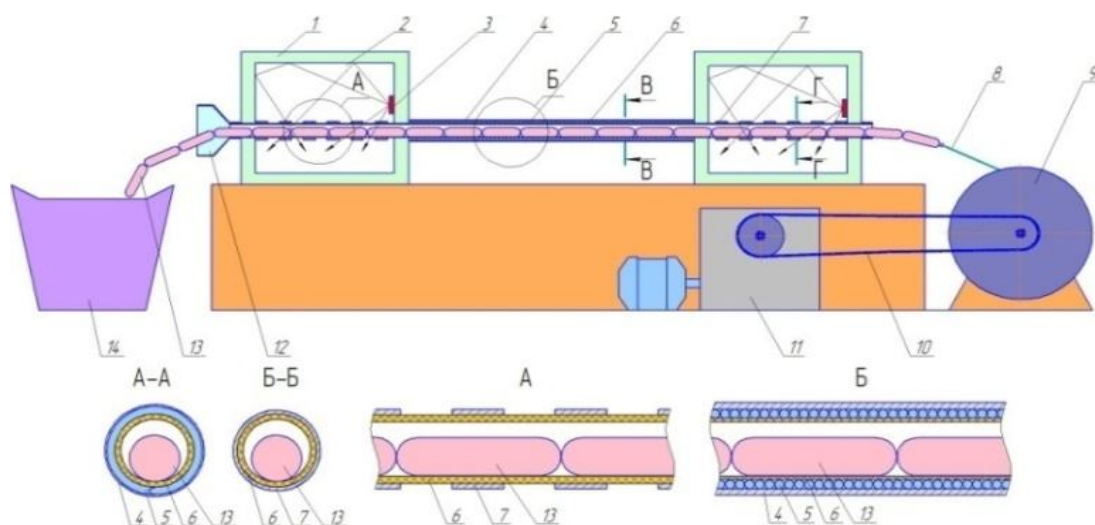


Рис. 1. Общий вид СВЧ-установки для варки сосисок и сарделек: 1 – СВЧ-генераторы; 2 – резонаторные камеры; 3 – излучатель от магнетрона; 4 – экранирующий трубопровод; 5 – гибкий водопроводный шланг; 6 – радиопрозрачный трубопровод; 7 – экранирующие кольца; 8 – диэлектрическая нить для направления сырья; 9 – барабан; 10 – цепная передача; 11 – мотор-редуктор; 12 – направляющий патрубок; 13 – сырье (сардельки); 14 – тара для сырья

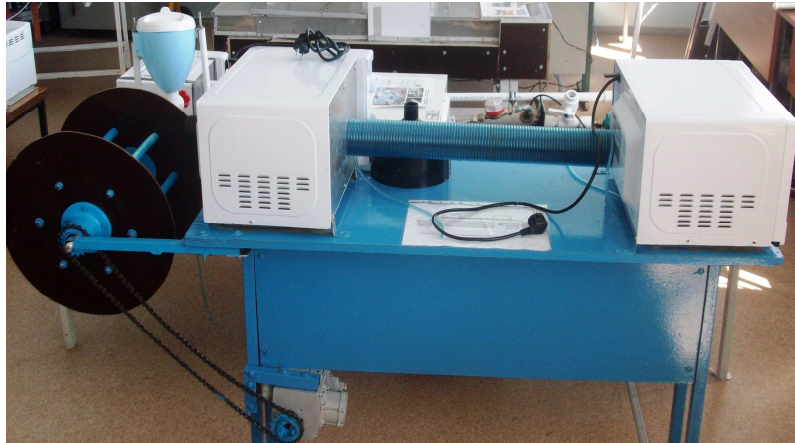


Рис. 2. Лабораторный образец установки для термообработки сосисок и сарделек

Процесс варки сырья происходит следующим образом. Продукт попадает через направляющий патрубок 12 в радиопрозрачный трубопровод 6. По мере передвижения через него продукт 13 нагревается в циклическом режиме. Такой режим осуществляется из-за имеющихся на поверхности радиопрозрачной трубы 6 колец 7, выполняющих функцию замедляющей системы, а также за счет имеющейся охлаждающей системы между резонаторными камерами 2. Ширина колец 7 равна четверти длины волны (3,06 см), а расстояние между ними чуть меньше их ширины.

Такое расположение экранных колец 7 обеспечивает скважность (отношение продолжительности эндогенного нагрева к сумме продолжительностей нагрева и паузы) процесса больше 0,5. При такой скважности исключается разрыв оболочки сарделек, т. е. во время паузы (продукт находится под экранирующими кольцами) происходит выравнивание давления, температуры по всему сечению продукта, нагретого за счет электромагнитного поля сверхвысокой частоты. Готовые изделия транспортируются специальным механизмом. Скорость нагрева сырья в первой резонаторной камере 2 гораздо выше, чем во второй. Между резонаторными камерами 2 продукт 13 охлаждается, так как в этом промежутке за счет охлаждающей жидкости, протекающей через гибкий водопроводный шланг 5, охлаждается трубопровод 6, и внутри оболочки сарделек происходит выравнивание давления и температуры по сечению продукта. Во второй резонаторной камере 2 сосиски 13 повторно нагреваются, и сваренный продукт транспортируется за пределы установки. Скорость варки сырья зависит от дозы воздействия, т. е. мощности СВЧ-генераторов и продолжительности пребывания сырья в рабочей камере.

Резюме. Вышеописанная технология для термообработки сосисок и сарделек из мякотных субпродуктов рациональна из-за того, что при температуре 76...80 °С внутри продукта происходит полное уничтожение бактериальной обсемененности и улучшается качество изделия (нет нарушений оболочки). Установка обеспечивает производительность 15...20 кг/ч при потребляемой мощности 2,7 кВт [6], а энергетические затраты составляют 0,14...0,18 кВт·ч/кг [5], что гораздо ниже, чем при использовании традиционных термокамер, например, КТОМИ – 300.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Белова, М. А.* Технологическое оборудование для термообработки сельскохозяйственного сырья / М. В. Белова, Г. А. Александрова, Д. В. Поручиков, Г. В. Новикова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2013. – № 2 (78). – С. 12–15.
2. *Ивашиов, В. И.* Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. Часть 1. Оборудование для уоя и первичной обработки / В. И. Ивашов. – М. : Колос, 2001. – 552 с.
3. *Новикова, Г. В.* Установка для варки мясного фарша / Г. В. Новикова, Т. М. Григорьева. – Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2011. – № 12. – С. 30–31.
4. *Пчельников, Ю. Н.* Электроника сверхвысоких частот / Ю. Н. Пчельников, В. Т. Свиридов. – М. : Радио и связь, 1981. – 96 с.
5. *Уездный, Н. Т.* Технология выпечки хлебобулочных изделий диэлектрическим нагревом / Н. Т. Уездный, И. Г. Ершова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2013. – № 2 (78). – С. 163–166.
6. *Уездный, Н. Т.* Экономическая эффективность применения СВЧ-установки для выпечки хлебобулочных изделий / Н. Т. Уездный, И. Г. Ершова, О. В. Науменко, Г. В. Новикова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2013. – № 2 (78). – С. 167–170.