

УДК 637.1.02

**ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ УСТАНОВКИ  
ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ МОЛОКА**

**JUSTIFICATION OF OPERATION MODES  
FOR MILK DISINFECTION INSTALLATION**

**А. В. Родионова, Г. В. Новикова**

**A. V. Rodionova, G. V. Novikova**

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

**Аннотация.** Представлены описание и обоснование эффективных режимов работы разработанной установки для обеззараживания молока.

**Abstract.** The article provides the description and justification of efficient operation modes of the developed installation for milk disinfection.

**Ключевые слова:** обеззараживание молока, сверхвысокочастотный генератор, ультразвуковой генератор, ультрафиолетовый облучатель, комплексное воздействие физических факторов, приращение температуры, бактериальная обсемененность.

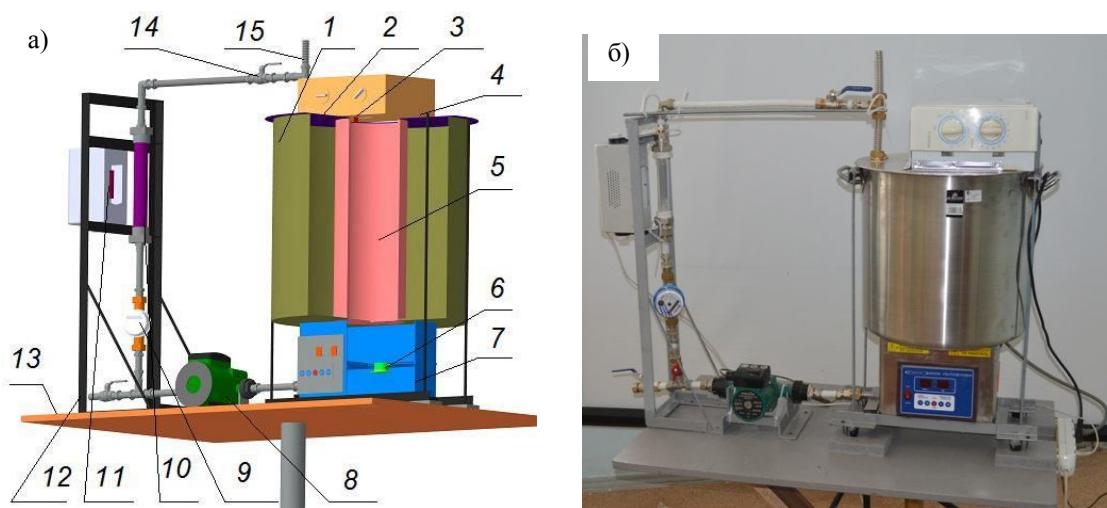
**Keywords:** disinfection of milk, superhigh frequency generator, ultrasonic generator, ultraviolet irradiation, complex influence of physical factors, temperature increment, bacterial semination.

**Актуальность исследуемой проблемы.** Исходная бактериальная обсемененность молока, произведенного в условиях фермерских хозяйств, может достигнуть  $6 \cdot 10^6 \dots 1 \cdot 10^7$  КОЕ/см<sup>3</sup>. Объем молока такого качества составляет около 250 тысяч тонн в год. В связи с этим возникает необходимость первичной обработки молока при фермерских хозяйствах с целью его обеззараживания. Обзор существующих способов и средств, обеспечивающих обеззараживание молока, свидетельствует об актуальности выбранного направления исследования [2], [3].

**Материал и методика исследований.** Изучение технологического процесса обеззараживания молока комбинированным воздействием физических факторов проводится в соответствии со структурной схемой исследования, включающей аналитический и экспериментальный этапы. Обоснована возможность применения для обеззараживания молока таких физических факторов, как электромагнитное поле сверхвысокой частоты, ультразвуковые колебания и бактерицидный поток ультрафиолетовых лучей [4]. Лабораторный образец установки для обеззараживания молока изготовлен на основе разработанной математической модели процесса его обеззараживания комбинированным воздействием физических факторов.

Источником СВЧ-энергии служит генератор MISTERY 1720, работающий на частоте 2450 МГц, потребляемой мощностью 1200 Вт. Воздействие ультрафиолетовых лучей на молоко осуществляется при помощи облучателя, содержащего лампу высокого давления ДРТ-240. Процесс кавитационного воздействия на молоко исследован с помощью ультразвукового генератора (УЗ-генератора) ВУ-09-«Я-ФП» мощностью 0,25 Вт, с резонансной частотой УЗ-преобразователя, равной 43кГц.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Установка представляет собой цилиндрический экранирующий корпус 1 с крышкой 2, к которой жестко закреплена резонаторная камера 5. В крышке имеется отверстие для излучателя с магнетроном (рис. 1). Нижнее основание резонаторной камеры 5 перфорировано и состыковано с резервуаром УЗ-генератора. В свою очередь, на нижнем основании резервуара установлены пьезоэлектрические преобразователи 6 УЗ-генератора 7. Насос 8, счетчик молока 9 и вентили 14 соединены между собой через молокопровод 12. В молокопровод вмонтирована трубка из увиолевого стекла 10. Параллельно трубке через небольшой зазор установлен ультрафиолетовый облучатель 11. Патрубок подвода 15 одновременно выполняет функцию заградительного волновода 4, ограничивая тем самым излучение потока СВЧ-энергии за пределы экранирующего корпуса 1.



**Рис. 1. Установка для обеззараживания молока: а) пространственное изображение: 1 – цилиндрический экранирующий корпус, 2 – крышка, 3 – СВЧ-генератор, 4 – волновод, 5 – резонаторная камера, 6 – излучатели ультразвуковых колебаний, 7 – УЗ-генератор, 8 – насос, 9 – счетчик молока, 10 – трубка из увиолевого стекла, 11 – ультрафиолетовый облучатель, 12 – молокопровод, 13 – увиолевое стекло, 14 – системы вентиля, 15 – патрубок подвода молока; б) лабораторный образец установки**

Технологический процесс обеззараживания молока происходит следующим образом. Молоко подается в полость резонаторной камеры 5 через патрубок подвода 15. Далее включают насос 8, СВЧ-3 и УЗ-генераторы 7, ультрафиолетовый облучатель 11. В процессе истечения струи молока из патрубка 15 в полость резонаторной камеры и че-

рез перфорацию дна камеры в резервуар УЗ-генератора происходит диэлектрический нагрев молока за счет токов поляризации. В резервуаре УЗ-генератора 7 молоко подвергается воздействию его акустического поля и краевого потока электромагнитного излучения СВЧ через перфорацию. При перекачивании молока с помощью насоса 8 через молокопровод 12 оно также подвергается воздействию бактерицидного потока ультрафиолетовых лучей через увиолевое стекло 13.

Изготовлен лабораторный образец установки для обеззараживания молока производительностью 16...18 кг/ч и мощностью 1,6 кВт. Обоснование режимов работы установки для обеззараживания молока проведено с учетом результатов исследования динамики нагрева сырья и оценки органолептических, физико-химических, микробиологических показателей обработанного молока. При этом воспользовались матрицей планирования трехфакторного активного эксперимента  $2^3$  и программным обеспечением «StatisticV5.0». В качестве основных факторов, влияющих на процесс обеззараживания молока, для исследования были выявлены:  $x_1$  – удельная мощность СВЧ-генератора, Вт/г;  $x_2$  – продолжительность воздействия, с;  $x_3$  – удельная мощность УЗ-генератора, Вт/г. Критериями оптимизации являлись:  $Y_1$  – производительность установки, кг/ч;  $Y_2$  – энергетические затраты на обеззараживание молока, кВт·ч/кг;  $Y_3$  – приращение температуры молока, °С;  $Y_4$  – общее микробное число в молоке, КОЕ/см<sup>3</sup>.

Выбор критериев оценки [1] обусловлен их наибольшей значимостью для процесса обеззараживания молока. В результате статистической обработки экспериментальных данных получены уравнения регрессии, адекватно описывающие процесс обеззараживания молока под воздействием варьируемых факторов. Представлены двумерные сечения в изолиниях и поверхности отклика трехфакторных моделей: производительность установки (рис. 2а); изменение бактериальной обсемененности в процессе обработки молока (рис. 2б); приращение температуры молока (рис. 3б); энергетические затраты на обеззараживание молока (рис. 3а).

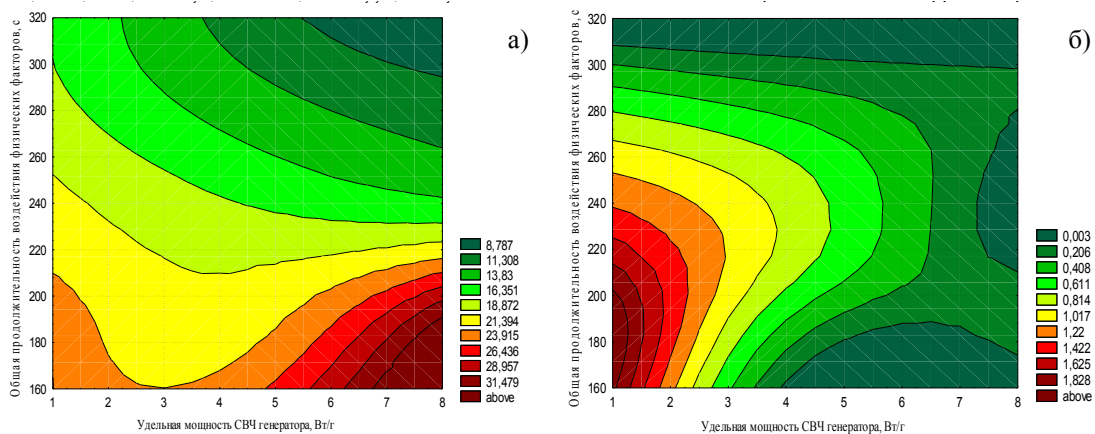
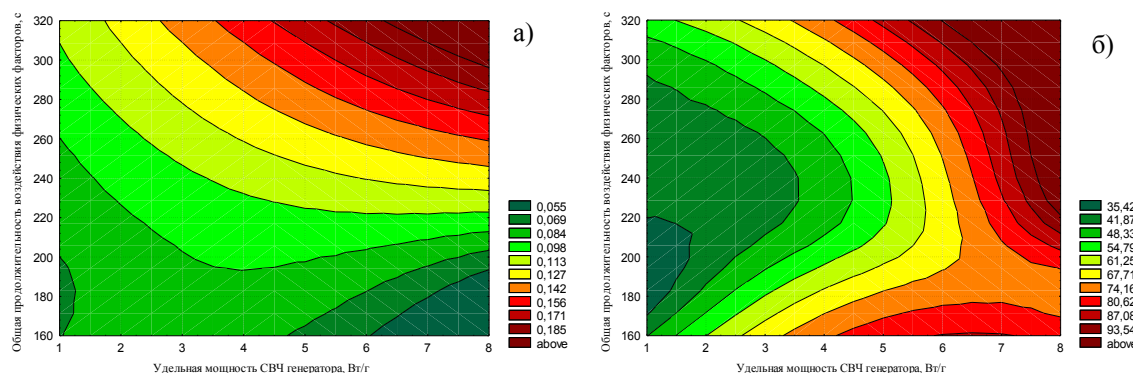


Рис. 2. Двумерное сечение в изолиниях трехфакторной модели: а) производительность установки; б) бактериальная обсемененность молока в зависимости от удельной мощности и продолжительности обеззараживания в установке при постоянной удельной мощности УЗ-генератора, равной 0,62 Вт/г



**Рис. 3. Поверхность отклика трехфакторных моделей в зависимости от удельной мощности СВЧ-генератора и продолжительности обеззараживания в установке при постоянной удельной мощности УЗ-генератора: а) энергетические затраты на обработку молока; б) приращение температуры молока в процессе обеззараживания**

**Резюме.** Оптимальный режим работы установки достигается при  $P_{\text{уд СВЧ}} = 4,2$  Вт/г,  $P_{\text{уд УЗ}} = 0,625$  Вт/г и общей продолжительности обработки молока – 240 с. При этом производительность установки равна 14,5 кг/ч, общее приращение температуры молока в результате воздействия ЭМП СВЧ и УЗ-колебаний – 56,8 °С, энергетические затраты на обеззараживание молока – 0,110 кВт·ч/кг, снижение бактериальной обсемененности молока – с  $5,1 \cdot 10^6$  до  $0,08 \cdot 10^6$  КОЕ/см<sup>3</sup>.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Белова, М. В. 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. Новикова, Г. В. Обеззараживание молока / Г. В. Новикова, А. Н. Пономарев // Сельский механизатор. – 2010. – № 5. – С. 23–25.
3. Новикова, Г. В. Поточная диатермическая установка для обеззараживания молока / Г. В. Новикова, А. Н. Пономарев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – № 6. – С. 14–15.
4. Родионова, А. В. Технология пастеризации молока комбинированным воздействием электромагнитных излучений разных длин волн / А. В. Родионова, М. В. Белова, О. В. Михайлова, Г. А. Александрова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2013. – № 2 (78). – С. 122–125.