

учно-практической конференции молодых ученых. – Пенза: РИО ПГСХА, 2007. – 88 с.

4. Новиков, В.В. Теоретические и практические аспекты экструзионной технологии приготовления кормов / В.В. Новиков, И.В. Успенская, Е.В. Янзина, А.Л. Мишанин // Известия Самарской ГСХА. – 2008. – № 3 – С. 141 – 143.

5. Новиков, В.В. Экструзионная переработка рыбных отходов на корм животным / В.В. Новиков, И.Л. Орсик, А.С. Грецов //

Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства, 2014. - № 4 (16). - С. 249- 252.

6. Орсик, И.Л. О влиянии конусности направлятеля на продвижение смеси в пресс-экструдере / И.Л. Орсик // Нива Поволжья. – 2014. - № 3. - С. 73-76.

7. Гурский, Д.А. Вычисления в MathCAD / Д.А. Гурский. – Мн.: Новое знание, 2003. – 814 с.

УДК 636.4.087.8:615

DOI 10.18286/1816-4501-2015-2-165-169

## МОЕЧНАЯ МАШИНА ПОГРУЖНОГО ТИПА С АКТИВАЦИЕЙ ЖИДКОСТИ ПУТЕМ ВОЗДУШНОГО БАРБОТИРОВАНИЯ С НАРУЖНОЙ СТОРОНЫ ОТМЫВАЕМЫХ ОБЪЕКТОВ

**Майоров Андрей Валерьевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Механизация производства и переработки сельскохозяйственной продукции»

**Михеева Диана Андреевна**, аспирант кафедры «Механизация производства и переработки сельскохозяйственной продукции»

ФГБОУ ВПО «Марийский государственный университет»

424001, Россия, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, 1;

тел.: 8-927-883-7476; e-mail: ao\_maiorov@mail.ru

**Ключевые слова:** Моечная машина, процесс мойки, консервные банки, оптимальный режим, качество очистки.

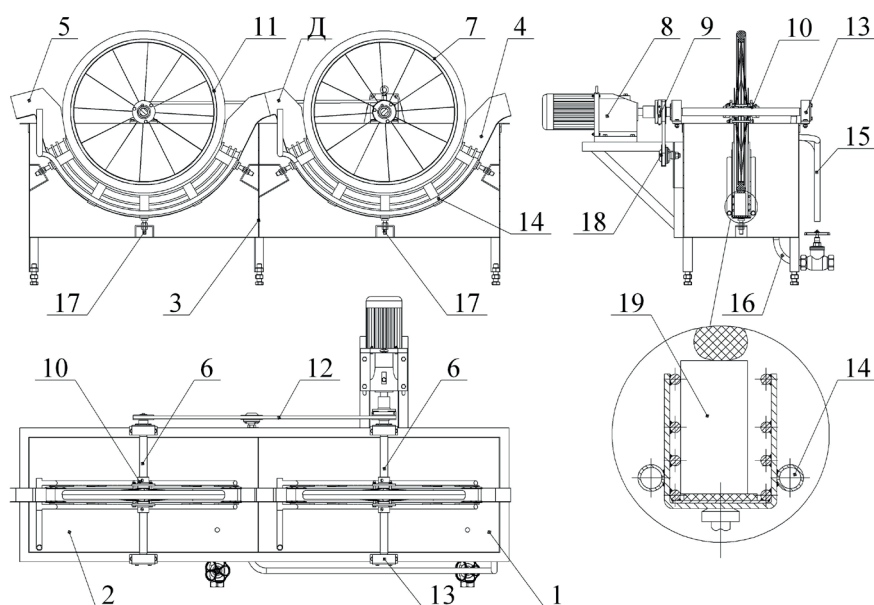
В статье описывается новая конструкция двухсекционной моечной машины. Представлены результаты экспериментальных исследований качества очистки поверхности металлических консервных банок. Определен оптимальный режим работы моечной машины.

### Введение

С каждым годом на российском рынке консервов появляется все больше новых торговых марок, новых производителей, которые стремятся улучшить качество выпускаемого продукта и привлечь покупателя. В этой ситуации упаковка и этикетка товара являются мощным средством продвижения товара на рынке. Этикетки наклеивают на чистые, сухие банки, не имеющие на поверхности следов жира. Для учета этого требования в технологический процесс производства консервов включена операция по обезжириванию банок при помощи про-

мывочной машины. Большое количество современных моечных машин работают в нерациональном режиме и являются энерго- и металлоемкими, поэтому их использование нерентабельно [1]. Следовательно, разработка новых эффективных и совершенствование существующих моечных машин в консервной отрасли является большим резервом по снижению расхода энергии, материалов и себестоимости всего процесса производства консервов.

Поэтому исследования, направленные на совершенствование процесса мойки наполненных цилиндрических банок при про-



**Рис. 1 – Схема моечной машины погружного типа с активацией жидкости путем воздушного барботирования с наружной стороны отмываемых объектов:**

1, 2 – ванны моечные; 3 – перегородка; 4, 5 – направляющие; 6 – вал; 7 – колесо ведущее; 8 – мотор-редуктор; 9 – муфта; 10 – ступица; 11 – колесо ведомое; 12 – клиноременная передача; 13 – корпус; 14 – барботер; 15 – патрубок перелива; 16 – патрубок сливной, 17 – крепежно-регулирующая шпилька, 18 – натяжное устройство, 19 – банка консервная; Д - участок перехода

изводстве консервов весьма актуальны и имеют большое значение в пищевой промышленности.

#### **Объекты и методы исследований**

С учетом поточности консервного производства, результатов анализа зависимости качества очистки от вида относительно движения объекта очистки и конструкций существующих устройств для мойки консервных металлических банок [1], нами предложена двухступенчатая моечная машина с планетарным движением объекта очистки и активацией жидкости путем воздушного барботирования с наружной стороны отмываемых объектов [2].

Машина (рисунок 1) включает ванны моечные 1 и 2, разделенные перегородкой 3. В них размещены направляющие 4 и 5 дугообразной формы, над каждой из которых на валах симметрично установлены приводные колеса 7 и 11 с эластичным ободом. С двух боковых сторон направляющих 4 и 5 за-

креплены перфорированные трубопроводы (барботеры) 14.

Моечная машина работает следующим образом. Банки после закатывания подаются в направляющие 4 моечной машины. Скатываясь, банки полностью погружаются в моющий раствор, попадают в промежуток между эластичным ободом колеса 7 и направляющей 4 и движутся за счет силы трения между резиновым ободом колеса и банкой в направлении вращения колеса. Далее, по направляющей первой ванны, банки выходят из моющего раствора и попадают на выпуклый дугообразный участок Д перехода из одной ванны в другую. При этом с банок стекает отработанный моющий

раствор первой ванны и уносит с собой частицы загрязнений. Затем объекты очистки поступают на направляющую второй ванны 2, устроенную аналогично первой. Технологический процесс повторяется. Обработанные банки направляются в автоклавную корзину или в другое цеховое приемное устройство.

Для регистрации параметров процессов при работе моечной машины использовали серийную измерительную и регистрирующую аппаратуру и устройства [1].

При исследовании процесса мойки поверхностей жестяных цилиндрических консервных банок моечной машиной наибольший интерес вызвали факторы, не зависящие друг от друга и наиболее влияющие на процесс очистки, такие, как температура и концентрация моющего раствора, частота вращения ведущего колеса. Эти факторы были нами исследованы в период технологических испытаний аппарата. Все осталь-

Таблица 1

## Уровни и интервалы варьирования факторов

Кодированное обозначение факторов	Наименование фактора, единица его измерения	Уровень фактора			Интервал варьирования
		-1	0	1	
$x_1$	Температура раствора, °C	65	75	85	10
$x_2$	Концентрация моющего раствора, г/л	1	2	3	1
$x_3$	Частота вращения ведущего колеса, мин <sup>-1</sup>	25	30	35	5

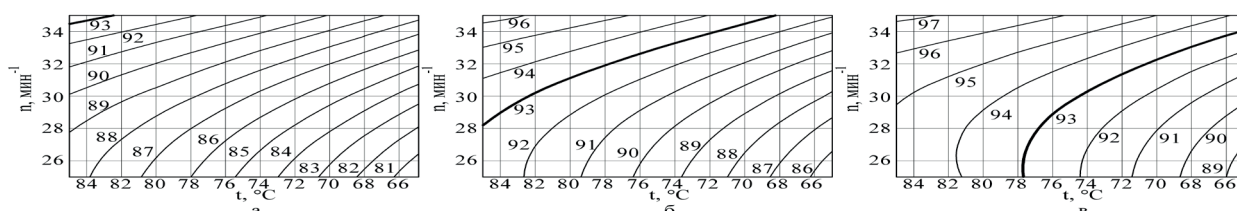


Рис. 2 – Двухмерное сечение поверхности отклика, характеризующее качество очистки ( $Y$ ) в зависимости от температуры  $t$  моющего раствора ( $x_1$ ) и частоты  $n$  вращения ведущего колеса ( $x_3$ ) при фиксированном значении  $x_2$ : а - при  $x_2 = -1$  ( $C = 1$  г/л); б – при  $x_2 = 0$  ( $C = 2$  г/л); в - при  $x_2 = 1$  ( $C = 3$  г/л)

ные факторы или зависят от трех указанных выше, или оказывают незначительное влияние на процесс мойки. За функцию отклика принято качество очистки, определяемое методом А.К. Кощеева с применением хлопчатобумажных полосок. Суть этого метода заключалась в определении площади пятна на полосках.

Для определения площади пятна на индикаторной хлопчатобумажной полоске была использована программа «AreaS», разработанная на базе ФГБОУ ВПО «Самарская ГСХА» Пермяковым А.Н. Погрешность определения площади не превышает 0,001 %.

Программа экспериментальных исследований включала несколько этапов и состояла из предварительных однофакторных и полного трехфакторного экспериментов. Уровни и интервалы варьирования факторов приведены в табл. 1.

С целью изучения влияния частоты вращения ведущего колеса, температуры и концентрации раствора в отдельности на качество очистки наружной поверхности консервных банок проведены однофакторные эксперименты, в которых при фиксированных частотах вращения ведущего колеса моечной машины меняли температуру и

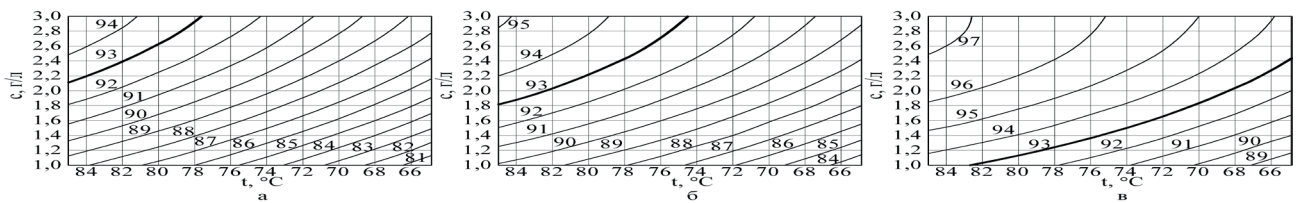
концентрацию моющего раствора. Экспериментальные исследования проводили с барботированием моющего раствора. Давление в системе подачи воздуха для барботирования поддерживали постоянным - 0,5 МПа. При этом диаметр отверстий на дугообразном барботере составлял 2,5 мм. Опыты проводили в трехкратной повторности.

### Результаты исследований

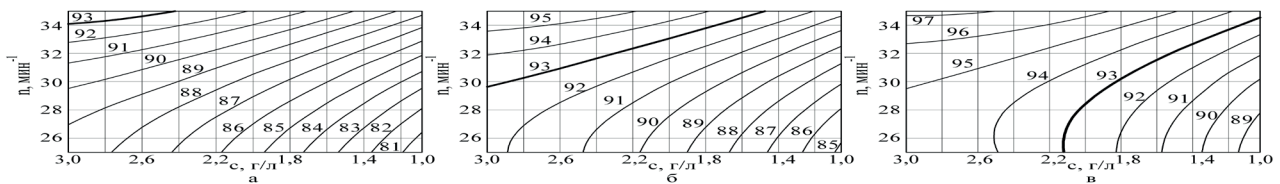
Анализ результатов однофакторных экспериментов показал следующее:

1. С увеличением частоты вращения ведущего колеса моечной машины при постоянной температуре моющего раствора качество очистки соответствует требованиям стандарта при меньшей концентрации моющего раствора. При частоте  $n = 15$  мин<sup>-1</sup> и температуре 85 °C концентрация моющего раствора должна быть не менее 3,5 г/л. Такое же качество очистки достигается при концентрации моющего раствора 1 г/л, его температуре 85 °C и частоте вращения ведущего колеса  $n = 35$  мин<sup>-1</sup>;

2. При увеличении частоты вращения ведущего колеса моечной машины требуемое качество очистки достигается при меньшей температуре раствора. При  $n = 15$  мин<sup>-1</sup>



**Рис. 3 – Двухмерное сечение поверхности отклика, характеризующее качество очистки в зависимости от температуры  $t$  моющего раствора и его концентрации  $C$  ( $x_2$ ) при фиксированном значении фактора  $x_3$ : а - при  $x_3 = -1$  ( $n = 25 \text{ мин}^{-1}$ ); б - при  $x_3 = 0$  ( $n = 30 \text{ мин}^{-1}$ ); в - при  $x_3 = 1$  ( $n = 35 \text{ мин}^{-1}$ )**



**Рис. 4 – Двухмерное сечение поверхности отклика, характеризующее качество очистки в зависимости от концентрации  $C$  моющего раствора и частоты  $n$  вращения ведущего колеса при фиксированном значении фактора  $x_1$ : а - при  $x_1 = -1$  ( $t = 65 \text{ °C}$ ); б - при  $x_1 = 0$  ( $t = 75 \text{ °C}$ ); в - при  $x_1 = 1$  ( $t = 85 \text{ °C}$ )**

минимальная температура моющего раствора составляет  $68 \text{ °C}$  при его концентрации  $5 \text{ г/л}$ . Такое же качество очистки достигается при температуре раствора  $48 \text{ °C}$ , концентрации  $5 \text{ г/л}$  и  $n = 35 \text{ мин}^{-1}$ .

3. Качество очистки интенсивно растет при увеличении концентрации моющего раствора от  $1 \text{ г/л}$  до  $3 \text{ г/л}$ . Дальнейшее увеличение концентрации моющего раствора весьма незначительно улучшает качество очистки.

При исследовании реализован ортогональный центральный композиционный план трехфакторного эксперимента, позволяющий получить адекватную зависимость качества очистки от исследуемых факторов: температуры моющего раствора –  $t$ ,  $\text{°C}$  ( $x_1$ ), концентрации моющего раствора –  $C$ ,  $\text{г/л}$  ( $x_2$ ), частоты вращения ведущего колеса –  $n$ ,  $\text{мин}^{-1}$  ( $x_3$ ). За функцию отклика принято качество очистки –  $K$ , % ( $Y$ ).

После реализации плана эксперимента и обработки результатов получено уравнение регрессии, проверенное на адекватность по  $F_{0,95}$ -критерию Фишера:

$$Y = 4,969 + 1,501 \cdot x_1 + 14,378 \cdot x_2 - 0,015 \cdot x_1 \cdot x_3 - 0,139 \cdot x_2 \cdot x_3 - 1,012 \cdot x_2^2 + 0,038 \cdot x_3^2.$$

Для изучения влияния факторов на кри-

терий оптимизации  $Y$  использовали двухмерные сечения поверхности отклика (рис. 2 - 4) [1, 3].

На основе анализа двухмерных сечений поверхностей отклика [3] можно отметить, что моечная машина обеспечивает требуемое качество очистки консервных банок при частотах вращения ведущего колеса  $30 \dots 35 \text{ мин}^{-1}$ , температуре моющего раствора  $75 \dots 85 \text{ °C}$  и концентрации раствора  $1 \dots 2 \text{ г/л}$ .

Для получения соответствующего стандарту качества очистки [1] в нашем случае необходима мощность от  $361,5 \text{ Вт}$  до  $417 \text{ Вт}$ , соответствующая частоте вращения  $30 \text{ мин}^{-1}$  и  $35 \text{ мин}^{-1}$  ведущего колеса. При этом теоретически и экспериментально определенные коэффициенты эффективности использования мощности  $\eta$  будут находиться в интервале  $0,24 \dots 0,26$  [4]. Для сравнения – у погружных моечных машин вибрационного типа  $\eta = 0,1 \dots 0,2$ , а у струйных моечных машин  $\eta = 0,05 \dots 0,10$ .

Минимальная энергоемкость машины составляет  $\mathcal{E}_{\text{min}} = 69 \cdot 10^{-3} \text{ Вт} \cdot \text{ч/шт.}$  при оптимальной частоте вращения ведущего колеса  $n_{\text{опт}} = 31 \text{ мин}^{-1}$  [4]. У серийно выпускаемых машин аналогичного типа минимальная энер-



гоемкость составляет  $200 \cdot 10^{-3}$  Вт·ч/шт.

В результате экспериментальных исследований [3] установлено, что для качественной очистки поверхности наполненных банок, соответствующей требованиям стандарта, необходимы частота вращения ведущего колеса  $n_{\text{опт}} = 31 \text{ мин}^{-1}$ , температура  $t = 74 \dots 85 \text{ }^\circ\text{C}$  и концентрация моющего раствора  $c = 1,7 \dots 3 \text{ г/л}$ . При повышении производительности моечной машины до 100 шт./мин. требуется увеличить  $n_{\text{опт}} = 31 \text{ мин}^{-1}$  до  $n_{\text{max}} = 35 \text{ мин}^{-1}$ , при  $c = 1,7 \text{ г/л}$  и температуре моющего раствора  $t = 72 \dots 85 \text{ }^\circ\text{C}$ . При этом энергоемкость увеличивается всего на 2 %.

Конструктивные особенности разработанной моечной машины позволяют уменьшить энергоемкость процесса очистки, а производительность увеличить без потери качества очистки консервных банок по сравнению с существующими моечными машинами [1].

#### **Выводы**

В результате статистической обработки экспериментальных данных была получена математическая зависимость качества очистки консервных банок от основных независимых факторов процесса мойки, позволяющая определить оптимальные технологические параметры моечной машины.

Требуемое качество очистки поверхностей консервных банок достигается при

частоте вращения ведущего колеса  $31 \text{ мин}^{-1}$ , температуре моющего раствора  $74 \dots 85 \text{ }^\circ\text{C}$  и концентрации моющего раствора  $1,7 \dots 3 \text{ г/л}$ . При этом энергоемкость процесса не превышает  $69 \cdot 10^{-3}$  Вт·ч на одну консервную банку.

#### **Библиографический список**

1. Юнусов, Г.С. Технологии и технические средства процесса мойки наружной поверхности цилиндрических консервных банок: монография / Г.С. Юнусов, А.В. Майоров. - Йошкар-Ола: Марийский гос. ун-т, 2011. - 120 с.
2. Пат. РФ № 70827. МПК В 08 В9/20. Машина моечная для наполненных металлических цилиндрических консервных банок / Макаров П.И., Юнусов Г.С., Майоров А.В.; заявитель и патентообладатель Марийский гос. ун-т. Заявл. 17.05.2006; опубл. 20.02.2008.
3. Юнусов, Г.С., Майоров А.В. Результаты экспериментальных исследований по определению рациональных режимов мойки консервных банок в моечной машине погружного типа // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2010. № 2 (17). С. 68–72.
4. Смелик, В.А., Юнусов Г.С., Майоров А.В. Определение энергетических показателей моечной машины / Г.С. Юнусов, А.В. Майоров // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. - 2009. - № 17. - С. 205–210.

УДК 621.787

DOI 10.18286/1816-4501-2015-2-169-175

## **ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ ЗАКАЛКА РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ШЛИЦЕВЫХ ВТУЛОК ТЕХНИКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**Морозов Александр Викторович**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Материаловедение и технология машиностроения»<sup>1</sup>

**Федорова Лилия Владимировна**, доктор технических наук, профессор кафедры «МТ - 8»<sup>2</sup>

**Федотов Геннадий Дмитриевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Техническая механика»<sup>1</sup>

ФГБОУ ВПО «Ульяновска ГСХА им. П.А. Столыпина»<sup>1</sup>

432017, г. Ульяновск, Бульвар Новый Венец, 1; 8(8422)55-95-97,

e-mail: alvi.mor@mail.ru

ФГБОУ ВПО «Московский ГТУ им. Н.Э. Баумана»<sup>2</sup>

105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1