

УДК 664.8.036.533

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ МОЙКИ КОНСЕРВНЫХ БАНОК В МОЕЧНОЙ МАШИНЕ ПОГРУЖНОГО ТИПА

Г. С. Юнусов, А. В. Майоров

*Марийский государственный университет, Йошкар-Ола*

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

The article describes the new design of the two-section jet washer. The results of experimental researches of the quality of the clearing of the surface of metal cans are presented. The rational operating mode of the jet washer is defined.

*Ключевые слова:* очистка, активаторы, моющие средства, турбулизация, барботирование.

Учитывая поточность консервного производства, анализируя зависимость качества очистки от вида относительного движения объекта очистки [1, 2, 4, 5] и анализируя существующие устройства для мойки консервных металлических банок [3] предложена двухступенчатая моечная машина с планетарным движением объекта очистки и активацией жидкости путем воздушного барботирования с наружной стороны отмываемых объектов.

Схема машины (рис. 1) включает ванны моечные, разделенные перегородкой. В ваннах размещены направляющие дугообразной формы. В обеих ваннах, над направляющими на валах симметрично установлены приводные колеса с эластичным ободом.

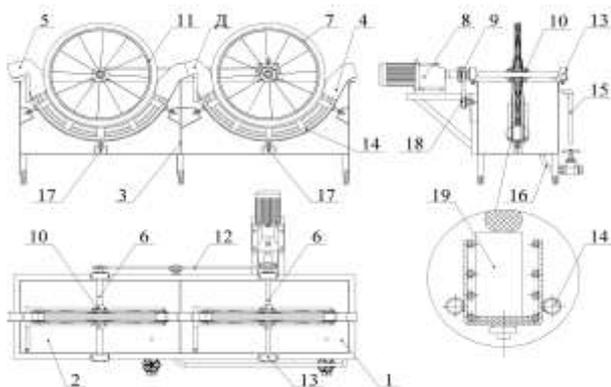


Рис. 1. Схема моечной машины для наполненных металлических цилиндрических консервных банок: 1, 2 – ванны моечные; 3 – перегородка; 4, 5 – направляющие; 6 – вал; 7 – колесо ведущее; 8 – мотор-редуктор; 9 – муфта; 10 – ступица; 11 – колесо ведомое; 12 – клиноременная передача; 13 – корпус; 14 – барботер; 15 – патрубок перелива; 16 – патрубок сливной; 17 – крепежно-регулирующая шпилька; 18 – натяжное устройство; 19 – банка консервная

С двух боковых сторон направляющих закреплены трубопроводы (барботеры) 14, поверхности которых имеют отверстие.

Моечная машина работает следующим образом. Банки после закатывания закаточной машиной подаются в направляющие 4 моечной машины. Скатываясь, они полностью погружаются в моющий раствор и попадают в промежуток между эластичным ободом колеса 7 и направляющей 4, и движутся за счет силы трения между резиновым ободом колеса и банкой по направлению 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 выходе на участок Д с банок стекает отработавший моющий раствор первой ванны и уносит с собой частицы загрязнений.

Затем банки поступают на направляющую второй ванны 2, аналогичную по устройству первой. Технологический процесс повторяется. Обработанные банки направляются в автоклавную корзину или в другое целевое приемное устройство.

Нами изготовлена экспериментальная моечная машина, осуществляющая рабочий процесс по двухступенчатому циклу.

При исследовании процесса мойки поверхностей жестяных цилиндрических консервных банок моечной машиной наибольший интерес вызвали факторы, не зависящие друг от друга и в наибольшей степени влияющие на процесс очистки, такие как температура и концентрация моющего раствора, частота вращения ведущего колеса, которые были нами исследованы в период технологических испытаний аппарата. Все остальные факторы или зависят от указанных трех, или незначительно (а в некоторых случаях вообще) не влияют на процесс мойки. За функцию отклика принято качество очистки, определяемое методом А. К. Кошечева с применением хлопчатобумажных полосок, суть которого заключалась в определении площади пятна на этих полосках. Для определения площади пятна

на индикаторной хлопчатобумажной полоске была использована программа «AreaS», разработанная на базе ФГОУ ВПО «Самарской ГСХА» А. Н. Пермьяковым. Погрешность определения площади не превышает 0,001 %.

Согласно ГОСТу 18206-78, ГОСТу 13345-85, ГОСТу 2789-73, ГОСТу Р 52204-2004, ГОСТу 5981-88, ГОСТу 11771-73, СанПиН 2.3.4. 050-96, СанПин 42-123-5777-91, качество очистки поверхности жестяных консервных банок  $K \geq 93$  % соответствует стандарту.

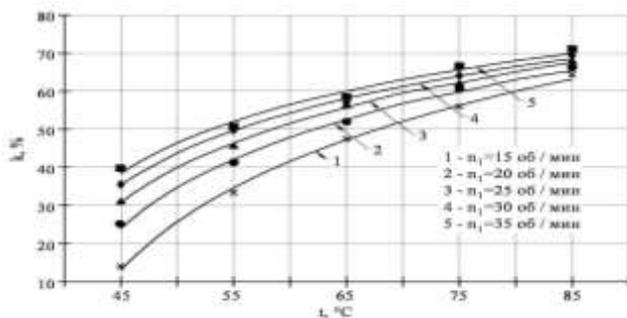
Программа экспериментальных исследований включала несколько этапов и состояла из предварительных однофакторных и полного трехфакторного экспериментов. Уровни и интервалы варьирования факторов приведены в таблице.

#### Уровни и интервалы варьирования факторов

Кодированное значение факторов	Название фактора, его обозначение и единица измерения	Уровень фактора			Интервал варьирования
		-1	0	1	
$x_1$	Температура раствора, °С	65	75	85	10
$x_2$	Концентрация, г/литр	1	2	3	1
$x_3$	Частота вращения колеса, об/мин	25	30	35	5

Для регистрации параметров процессов при работе моечной машины использовались серийная измерительная и регистрирующая аппаратура и устройства.

С целью изучения влияния частоты вращения ведущего колеса, температуры и концентрации раствора по отдельности на качество очистки наружной поверхности консервных банок проведены однофакторные



эксперименты, где при фиксированных частотах вращения ведущего колеса моечной машины изменяли температуру и концентрацию моющего раствора. Экспериментальные исследования проводились с барботированием моющего раствора. Давление в системе подачи воздуха для барботирования поддерживали постоянным со средним значением 5 атмосфер. При этом диаметр отверстий на дугообразном барботере составлял 2,5 мм. Опыты проводились в трехкратной повторности.

Экспериментальные исследования осуществляли в соответствии с действующими СанПиНами и общепринятыми методиками испытаний моечных машин, обеспечивающих получение первичной информации в виде реализаций случайных процессов с последующей их обработкой на персональном компьютере. Для обработки результатов использовались программы AreaS, Excel, Maple 12 и STATISTICA 6.

Для установления зависимости качества очистки от активации жидкости путем воздушного барботирования с наружной стороны отмываемых объектов были проведены однофакторные эксперименты с трехкратной повторностью при концентрации моющего раствора 2 г/л (по рекомендации разработчика моющего раствора).

Результаты исследований показали, что качество очистки при применении барботирования резко возрастает при низких температурах и минимальных оборотах (рис. 2). Так, при  $t = 45$  °С и при  $n = 15$  об/мин качество очистки поверхности банок достигает 65 % при барботировании против 14 % без барботирования. Таким образом, достигаются качественная очистка поверхности и экономия моющего средства и электроэнергии, расходуемой на привод колес.

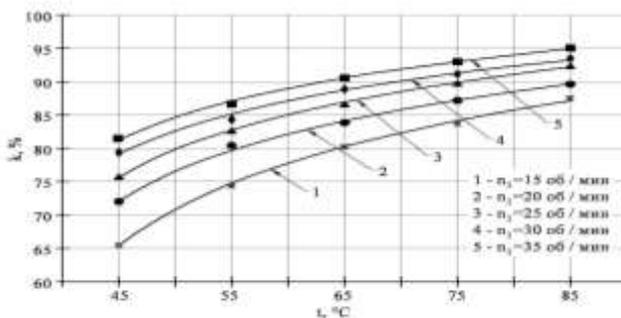


Рис. 2. Зависимости качества очистки поверхности банок от температуры моющего раствора при различных значениях частоты вращения ведущего колеса моечной машины (а – без барботирования; б – с барботированием)

Анализ полученных графиков (рис. 3, 4) показывает следующее:

1) с увеличением частоты вращения ведущего колеса моечной машины, при постоянной температуре, качество очистки соответствует требованиям стандарта при меньшей концентрации (рис. 3). При частоте 15 об./мин концентрация моющего раствора – 3,5 г/л при температуре 85 °С. То же качество очистки достигается при концентрации моющего раствора 1 г/л и его температуре 85 °С при частоте 35 об./мин;

2) увеличение частоты вращения ведущего колеса моечной машины ведет к уменьшению температурного режима (рис. 4). При частоте 15 об./мин минимальный

температурный режим составляет 68 °С при концентрации 5 г/л. То же качество очистки достигается при температурном режиме 48 °С с концентрацией 5 г/л при частоте 35 об./мин;

3) качество очистки интенсивно растет при концентрации моющего раствора от 1 до 3 г/л. Далее интенсивность процесса очистки падает – увеличение концентрации моющего раствора более 3 г/л весьма незначительно улучшает качество очистки;

4) температура, обеспечивающая качественную очистку поверхности банок, соответствующая требованиям стандарта, находится в пределах 65–85 °С независимо от частоты вращения ведущего колеса моечной машины.

При исследовании реализован ортогональный центральный композиционный план трехфакторного эксперимента, позволяющий получить адекватное уравнение регрессии качества очистки в зависимости от исследуемых факторов: температуры моющего раствора –  $t$ , °C ( $x_1$ ), концентрации моющего раствора –  $C$ , г/л ( $x_2$ ), частоты вращения ведущего колеса –  $n_1$ ,

об./мин ( $x_3$ ). 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:

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

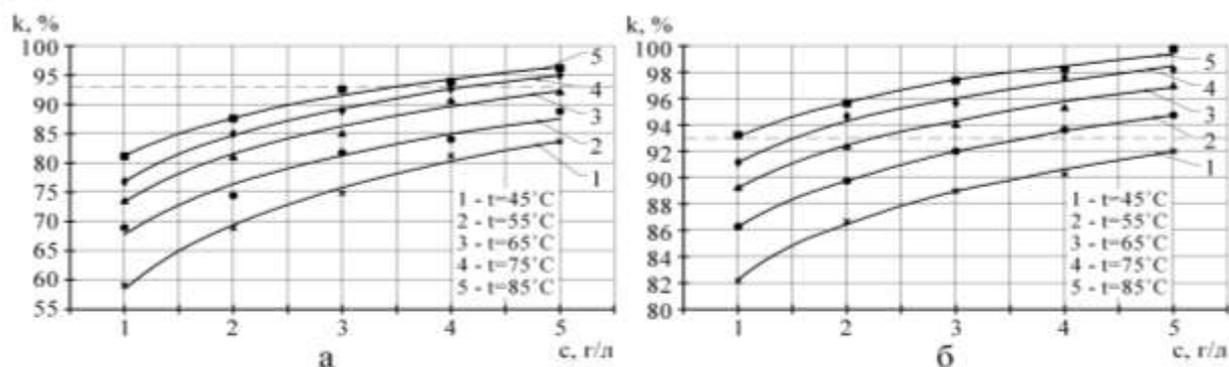


Рис. 3. Зависимости качества очистки поверхности банок от концентрации моющего раствора при различных температурных режимах  $t$  (а – частота вращения ведущего колеса моечной машины  $n_1 = 15$  об./мин; б –  $n_1 = 35$  об./мин)

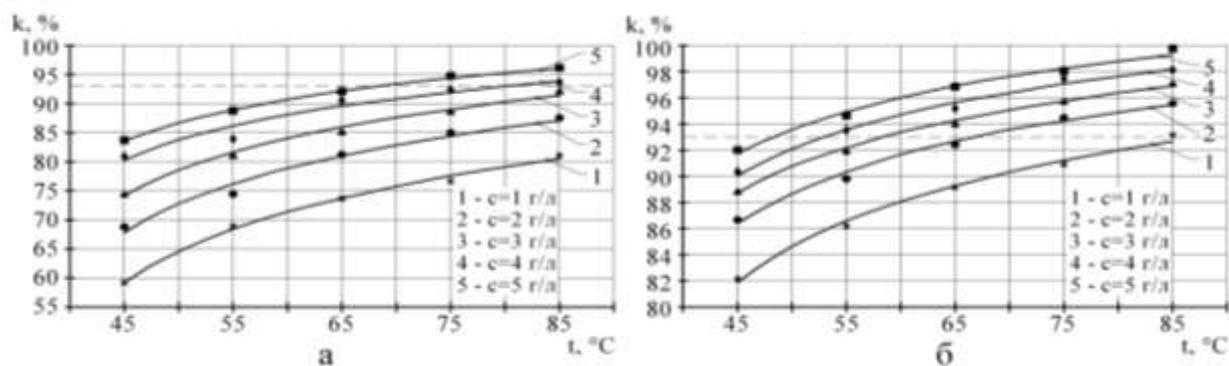


Рис. 4. Зависимости качества очистки поверхности банок от температуры моющего раствора при различных значениях концентрации раствора  $c$  (а – частота вращения ведущего колеса моечной машины  $n_1 = 15$  об./мин; б –  $n_1 = 35$  об./мин)

Для изучения влияния факторов на критерий оптимизации  $Y$  использовали двумерные сечения поверхности отклика.

Представленные графики (рисунки 5, 6, 7) не только позволяют устанавливать характер влияния факторов на функцию отклика, но и являются наглядным материалом для определения рационального режима.

Изменение концентрации моющего раствора от 1 до 3 г/л (рис. 5, а–в) вызывает изменение качества очистки поверхности консервных банок ( $Y$ ) на 10–17 % во всем интервале изменения температуры моющего раствора от 65 до 85 °C, при этом с увеличением частоты вращения ведущего колеса моечной машины показатель качества очистки улучшается.

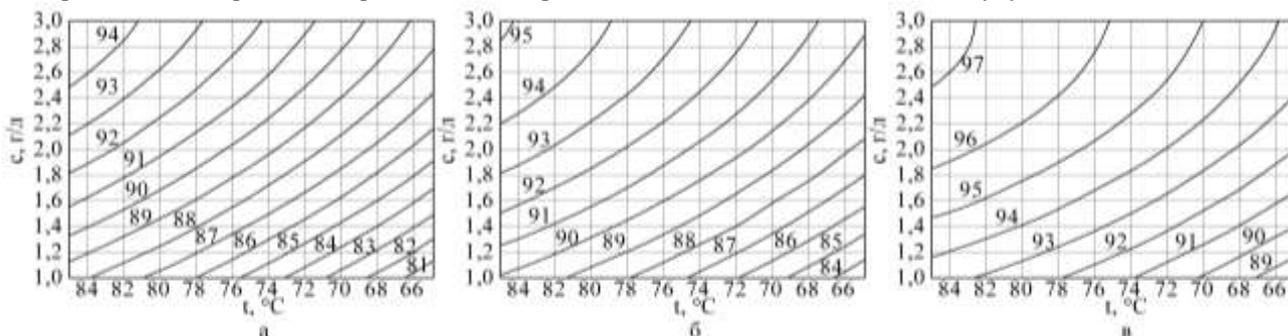


Рис. 6. Двумерное сечение поверхности отклика, характеризующее зависимость качества очистки ( $Y$ ) от факторов  $x_1$  (температура  $t$  моющего раствора) и  $x_2$  (концентрация  $c$  моющего раствора) при фиксированном значении фактора  $x_3$ : а – при  $x_3 = 1$  ( $n = 25$ ); б – при  $x_3 = 2$  ( $n = 30$ ); в – при  $x_3 = 3$  ( $n = 35$ ); в – при  $x_2 = 3$  ( $c = 3$ )

При концентрации моющего раствора 1 г/л (рис. 5, а) интервал температурного режима, обеспечивающий качественную очистку поверхности банок, соответствующую требованиям стандарта, находится в пределах от 83 °С при 35 об./мин до 85 °С при 35 об./мин.

Температурный интервал для концентрации моющего раствора 3 г/л (рис. 5, в) составляет от 65 до 85 °С при частотах вращения колеса от 30 до 25 об./мин соответственно.

При концентрации раствора 2 г/л (рис. 5, б) интервал температур составляет от 68 °С при 35 об./мин до 85 °С при 28 об./мин.

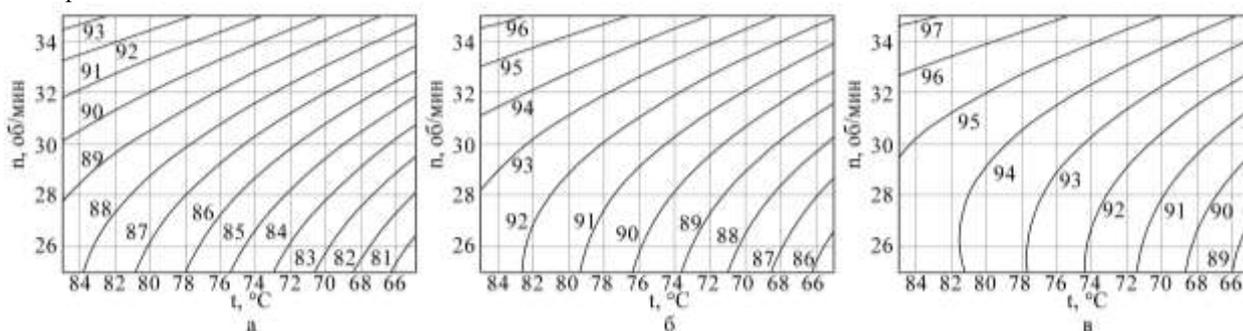


Рис. 5. Двумерное сечение поверхности отклика, характеризующее зависимость качества очистки ( $Y$ ) от факторов  $x_1$  (температура  $t$  моющего раствора) и  $x_3$  (частота  $n$  вращения ведущего колеса) при фиксированном значении фактора  $x_2$ : а – при  $x_2 = 1$  ( $c = 1$ ); б – при  $x_2 = 2$  ( $c = 2$ ); в – при  $x_2 = 3$  ( $c = 3$ )

При частоте вращения ведущего колеса моечной машины  $n = 30$  об./мин (рис. 6, б) интервал температур составляет от 75 °С с концентрацией раствора 3 г/л до 85 °С с концентрацией 1,8 г/л.

Изменение температуры моющего раствора с 65 до 85 °С (рис. 7, а–в) вызывает изменение качества очи-

стки поверхности консервных банок ( $Y$ ) на 11–18 % во всем интервале изменения концентрации моющего раствора от 1 до 3 г/л, при этом с увеличением частоты вращения ведущего колеса моечной машины с 25 до 35 об./мин показатель качества очистки поверхности консервных банок ( $Y$ ) улучшается.

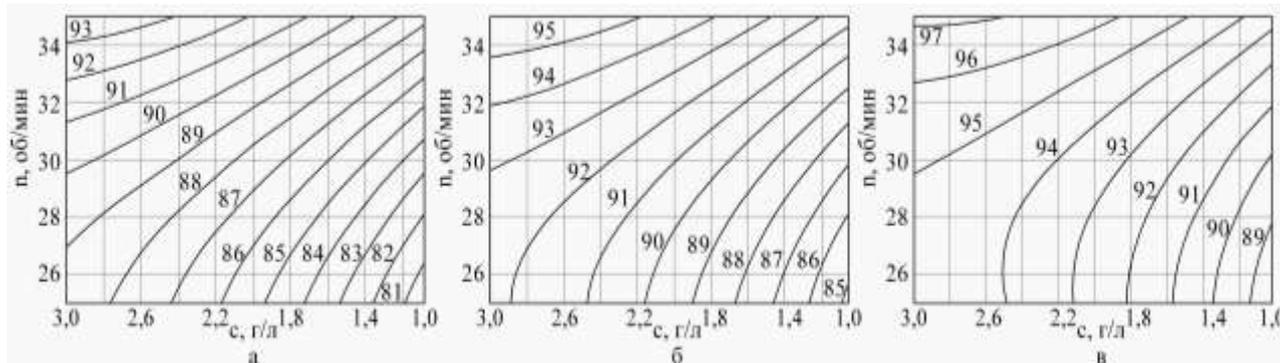


Рис. 7. Двумерное сечение поверхности отклика, характеризующее зависимость качества очистки ( $Y$ ) от факторов  $x_2$  (концентрация  $c$  моющего раствора) и  $x_3$  (частота  $n$  вращения ведущего колеса) при фиксированном значении фактора  $x_1$ : а – при  $x_1 = 1$  ( $t = 65$ ); б – при  $x_1 = 2$  ( $t = 75$ ); в – при  $x_1 = 3$  ( $t = 85$ )

При максимальной температуре моющего раствора моечной машины  $t = 85$  °С (рис. 7, в) изменение концентрации моющего раствора от  $c = 1$  г/л до  $c = 3$  г/л приводит к улучшению качества очистки поверхности консервных банок ( $Y$ ) в среднем на 11 %. При температуре  $t = 65$  °С моющего раствора (рис. 7, а) качество очистки банок  $K \geq 93$  обеспечивает моющий раствор с концентрацией от 2,4 до 3 г/л и частотой вращения ведущего колеса от 35 до 34 об./мин соответственно.

При температуре моющего раствора  $t = 75$  °С (рис. 7, б) интервал концентрации раствора составляет от 1,4 до 3 г/л при частоте вращения 35 и 30 об./мин соответственно.

На основе полученных двумерных поверхностей отклика можно отметить, что моечная машина в рабочем интервале частот вращения ведущего колеса от 30 до 35 об./мин, температуре моющего раствора от 75 до 85 °С и концентрации раствора от 1 до 2 г/л работает рационально.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Макаров П. И., Майоров А. В. Расчет параметров привода моечной машины // Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem ochrony środowiska i standardów ue: XIV Międzynarodowa konferencja naukowa / Materiały na konferencję – Warszawa, 2008. – S. 98–102.
2. Макаров П. И., Юнусов Г. С., Майоров А. В. Определение диаметра ведущего колеса моечной машины // Улучшение эксплуатационных показателей мобильной энергетики: межвуз. сб. науч. тр. – Киров: Вятская ГСХА, 2007. – Вып. 7 – С. 120–124.
3. Юнусов Г. С., Майоров А. В. Технические средства для мойки банок, деталей и других изделий / Мар. гос. ун-т // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: материалы межрегион. науч.-практ. конф. – Йошкар-Ола, 2006. – Вып. 8. – С. 369–377.
4. Юнусов Г. С., Майоров А. В., Дудова Д. А. Обоснование гидродинамического способа очистки банок с их плоскопараллельным движением / Мар. гос. ун-т // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Йошкар-Ола, 2008. – Вып. 10. – С. 333–337.
5. Юнусов Г. С., Макаров П. И., Майоров А. В. Методика определения производительности и мощности привода моечных машин барабанного типа // Разработка и внедрение технологий и технических средств для АПК Северо-Восточного региона Российской Федерации: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2007. – С. 191–196.