

Н. А. Долгий, Л. Т. Серпунина, С. П. Сердобинцев

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ КОНСЕРВОВ В ПОТОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Рассмотрены варианты построения систем контроля герметичности консервов в поточном производстве. Существующие методы контроля не дают достоверной оперативной информации о герметичности консервов. Прогресс области контроля герметичности консервов в условиях поточного производства достигается совместным использованием современных научно-технических подходов. Наиболее значимые предложения по определению герметичности консервов основаны на использовании систем технического зрения и рентгеновской техники, которые относятся к неразрушающим методам контроля. Применение этих подходов требует внедрения в систему контроля следующих подсистем: технического зрения, рентгенодефектоскопического контроля, позиционирования, отбраковки и сигнализации. Герметичность консервов существенно зависит от качества выполнения закаточного шва. Использование технического зрения позволяет контролировать качество шва по внешним параметрам, а рентгенодефектоскопический контроль выявляет отклонения фактических размеров внутренних параметров двойного закаточного шва от их нормативных значений. Экспериментальные данные по дефектоскопии консервных банок представляют собой совокупности точек и единичных импульсов. Последние соответствуют негерметичным банкам, а точки – герметичным. Разработана структурная схема системы комбинированного контроля и алгоритм коррекции настройки закаточной машины, раскрывающий взаимодействие основных подсистем контроля качества закаточного шва консервов, даны рекомендации по исполнению основных подсистем, что в совокупности определяет достоверность контроля.

Ключевые слова: консервы, герметичность, техническое зрение, видеокамера, рентгенодефектоскопия.

Введение

В настоящее время безопасности пищевой продукции уделяется пристальное внимание. Для ее обеспечения внедряется система менеджмента качества ХАССП (англ. HACCP – Hazard Analysis and Critical Control Points – анализ рисков и критические точки контроля). Герметичность тары – важнейшее условие безопасности консервов. Контролю герметичности подвергаются тара, консервы до и после стерилизации. При производстве консервов наиболее уязвимой технологической операцией является герметизация консервной тары, в которой находится продукт. Это одна из наиболее ответственных критических точек при производстве консервной продукции.

Существующие методы контроля герметичности не обеспечивают оперативный экспресс-контроль за этой операцией в технологическом процессе, поэтому для консервных предприятий актуальна проблема внедрения оперативных, простых и экспрессных, но высокочувствительных методов контроля данной операции. Эффективную проверку герметичности наполненных консервных банок могут обеспечить компьютерные технологии с использованием систем технического зрения.

Целью исследований явилась разработка алгоритма контроля методами, основанными на использовании систем технического зрения и рентгенодефектоскопии для оценки герметичности наполненных консервных банок до и после стерилизации.

Способы контроля герметичности консервов основаны на разрушающих и неразрушающих методах [1].

Визуальный контроль и контроль герметичности, основанный на использовании систем технического зрения, позволяют оценить качество закаточного шва по внешним параметрам (толщина и ширина шва, глубина посадки крышки). *Рентгенодефектоскопический* метод контроля герметичности позволяет оценить качество закаточного шва не только по внешним, но и по внутренним параметрам, к которым относятся степень волнистости крючка крышки (дна), ширина крючка крышки и корпуса, перекрытие шва. Однако использование рентгенодефекто-

скопического метода контроля требует повышенных материальных затрат, обусловленных необходимостью использовать дорогостоящую высокоточную электронику, что усложняет эксплуатацию систем контроля качества закаточного шва.

Метод неразрушающего контроля герметичности консервов, основанный на использовании систем технического зрения, предложен нами в [2]. Для уточнения причин негерметичности этот метод может быть дополнен использованием рентгенодефектоскопического комплекса в качестве эталонного инструмента анализа качества закаточного шва. При этом система технического зрения применяется для определения внешних параметров закаточного шва, а рентгенодефектоскопический комплекс – для определения внутренних. В. П. Нино показано, что микрофокусная рентгенография обеспечивает получение четких теневых картин просвечивания с размером фокусного пятна менее 100 мкм и высоким качеством изображения как неподвижных, так и движущихся объектов [3]. Исследуемый образец может располагаться в любом месте между излучателем и приемником, позволяя просвечивать движущиеся объекты, что особенно важно при контроле закаточных швов консервных банок в технологическом процессе поточного производства.

Результаты исследования

Совместное использование методов контроля, основанных на применении систем технического зрения и рентгенодефектоскопического комплекса (схема комбинированного контроля качества закаточного шва), позволяет повысить достоверность контроля герметичности и размеров двойного закаточного шва для коррекции настройки закаточной машины. Структурная схема системы комбинированного контроля качества закаточного шва показана на рис. 1.

Система комбинированного контроля качества закаточного шва состоит из ряда подсистем: технического зрения (ПТЗ), рентгенодефектоскопического контроля (ПРК), позиционирования (ПП), отбраковки (ПО) и сигнализации (ПС).

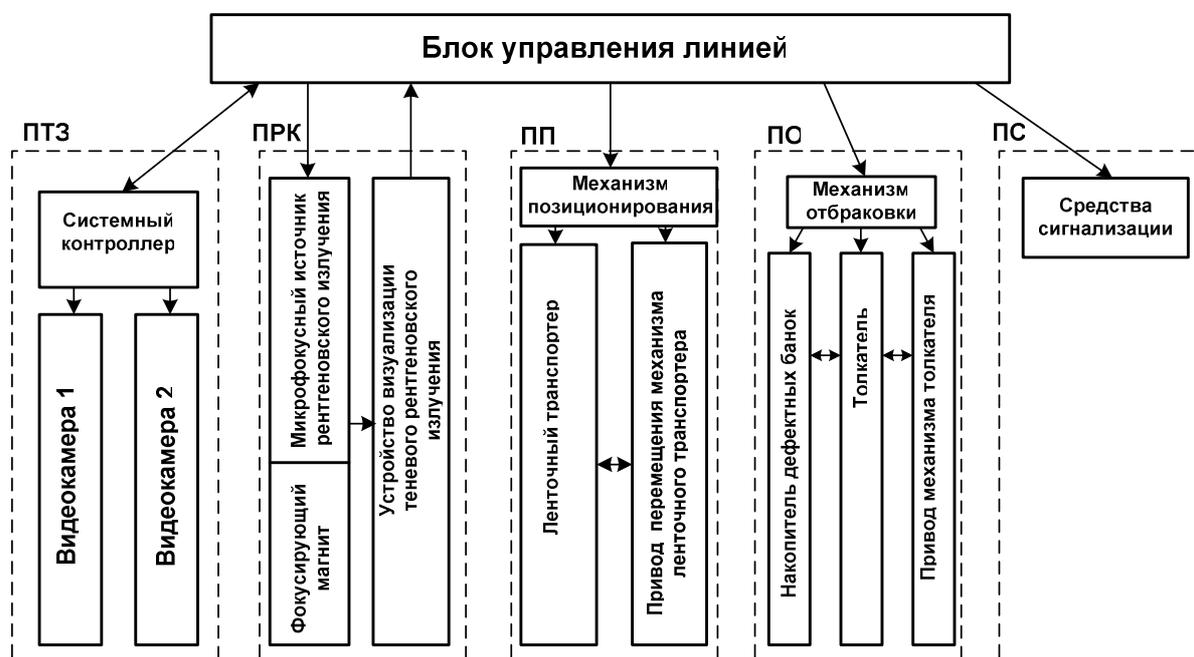


Рис. 1. Структурная схема системы комбинированного контроля качества закаточного шва

Подсистема технического зрения, контролирующая качество закаточного шва по внешним параметрам, включает в себя системный контроллер для управления всеми элементами подсистемы технического зрения и две видеокамеры технического зрения, что обусловлено необходимостью контроля банок с внешней и внутренней стороны ленты транспортера. Под-

система рентгеноскопического контроля содержит микрофокусный источник рентгеновского излучения с фокусирующим магнитом и устройство визуализации теневого рентгеновского излучения. Подсистема рентгеноскопического контроля, контролируя качество закаточного шва по внутренним параметрам, выявляет отклонения фактических размеров от рекомендуемых [4], которые, возможно, являются причиной разгерметизации банки.

Для установки консервных банок в зону обзора видеокамеры (рабочее положение) на ленточном конвейере используется подсистема позиционирования. Подсистема отбраковки обеспечивает удаление дефектных банок с конвейера в накопитель с помощью толкателя. Подсистема сигнализации информирует оператора световым и звуковым сигналами о наличии и количестве бракованных банок. Взаимодействие подсистем системы комбинированного контроля показано на блок-схеме алгоритма коррекции настройки закаточной машины (рис. 2).

Процесс укупоривания банок крышками осуществляется в две операции: образование шва (I операция) и образование двойного закаточного шва (II операция).

При контроле герметичности с помощью подсистемы технического зрения измеряются внешние параметры двойного закаточного шва, которые сравниваются с их заданными значениями (блоки 3, 5, 8, 11). При возможных отклонениях значений параметров подсистема технического зрения формирует управляющие воздействия для их коррекции (блоки 4, 7, 10 и 6, 9, 12).

Если банка оказывается негерметичной – подсистема технического зрения фиксирует утечку (блок 13), то для уточнения причин разгерметизации подсистема рентгенодефектоскопического контроля измеряет внутренние параметры двойного закаточного шва, сравнивая их с заданными значениями (блоки 16, 18, 21, 24). При возможных отклонениях значений параметров подсистема рентгенодефектоскопического контроля формирует управляющие воздействия для их коррекции (блоки 17, 20, 23 и 19, 22, 25). Далее с помощью видеокамер технического зрения, установленных на выходе подсистемы рентгенодефектоскопического контроля, проверяется отсутствие утечек продукта на закаточном шве банки (блок 26).

По результатам обследования рыбоконсервных комбинатов Калининградской области получена информация о бракованных изделиях в поточном производстве. В частности, при анализе работы одной линии на рыбоконсервном комплексе ООО «Роскон» получена выборка из 1500 банок. Эта выборка представлена в виде графика (рис. 3), где точки, расположенные на оси абсцисс, соответствуют герметичным банкам, а импульсы – бракованным.

График показывает номера дефектных банок в экспериментальной выборке числа проверенных банок N и сводится математически к совокупности дельта функций, т. е. импульсов бесконечно малой продолжительности. Для заключения о герметизации продолжительность импульса не имеет значения – любая разгерметизация банки считается неисправимым браком. Из рис. 3 следует, что банки под номерами 7, 308, 705 негерметичны.

Компьютерное моделирование процесса появления дефектных банок представляет собой совокупности единичных импульсов, причем время появления каждого импульса соответствует номеру X разгерметизированной банки.

Продолжительность импульса Δt можно определить по следующей зависимости:

$$\Delta t = d/V,$$

где d – размер отверстия негерметичности в банке; V – скорость перемещения конвейерной линии.

Если скорость движения конвейерной линии $V = 1$ м/с, а $d = 5 \cdot 10^{-6}$ м, то $\Delta t = 5 \cdot 10^{-6}$ с (5 микросекунд).

В реальных условиях d и V переменны: данная оценка дает масштаб продолжительности импульса.

Процедуру достоверного неразрушающего контроля герметичности консервов в поточном производстве предлагается проводить в 2 этапа: на первом этапе, с использованием установки технического зрения, выявляются возможные негерметичные банки. Для конкретизации дефектов применяется рентгенодефектоскопический комплекс. Такой подход позволяет один рентгенодефектоскопический комплекс использовать на нескольких линиях, что уменьшает затраты без потери качества дефектоскопии.

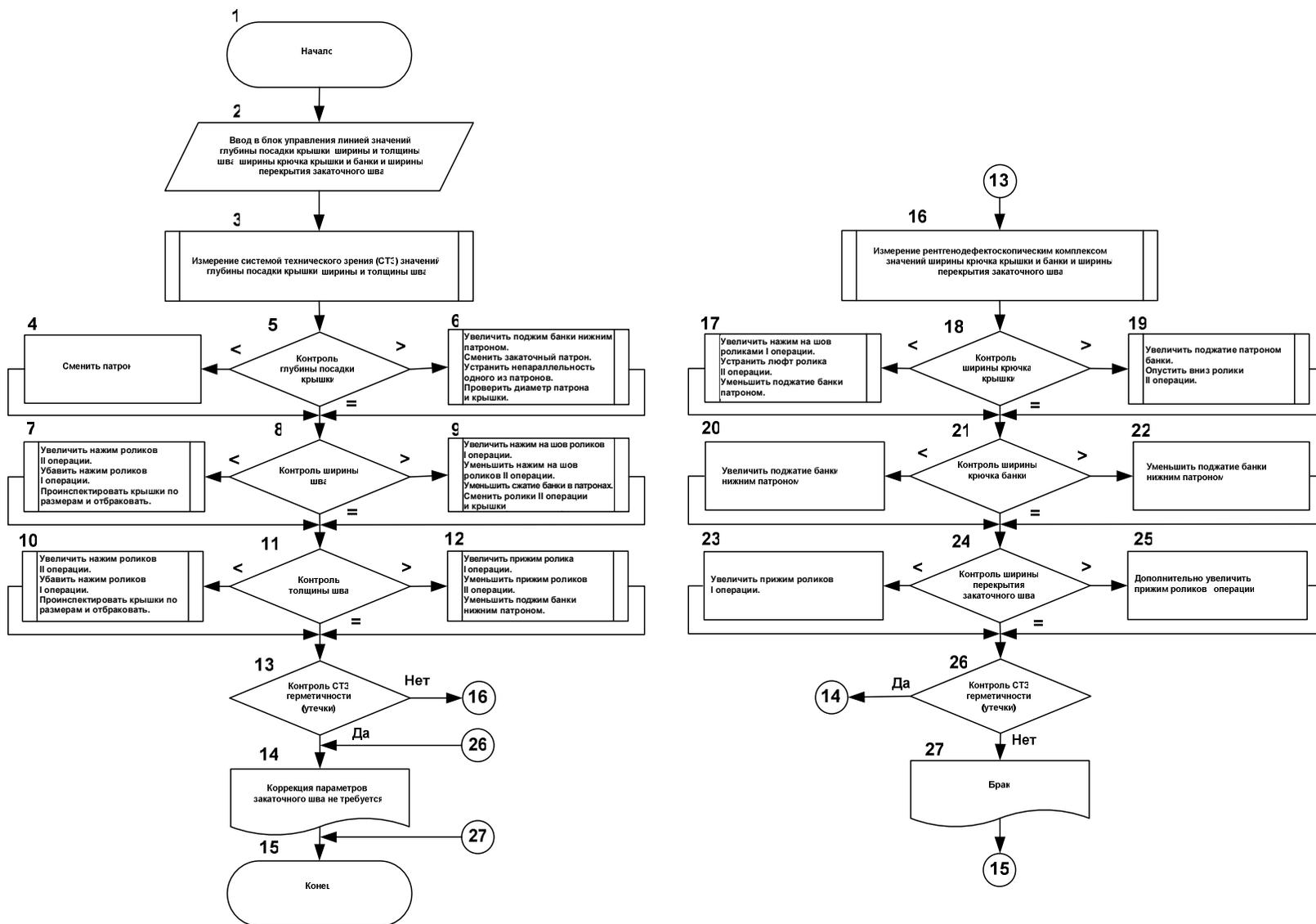


Рис. 2. Блок-схема алгоритма коррекции настройки закаточной машины



Рис. 3. График распределения герметичных и бракованных банок

При описании функционирования системы контроля герметичности появляющиеся дефекты можно объединить в две группы. К первой группе относятся дефекты, которые вызваны отклонениями, например, ширины и толщины шва, от регламентированных значений при формировании двойного закаточного шва. Ко второй группе относятся дефекты, обусловленные формированием собственно закаточного шва, т. е. утечкой из банки заливки, например масла или томатного соуса, отражательные свойства которой отличаются от цвета жести банки. Чувствительность системы технического зрения, реагирующей на отклонение по цвету среды, выделяющейся из банки, от жести, настраивается при вводе системы в эксплуатацию.

Выводы

Обзор работ по анализу причин и методов исследования разгерметизации показал, что создание системы достоверного контроля герметичности консервов по наличию утечек из них хранимого продукта может быть основано на совместном использовании систем технического зрения и рентгенодефектоскопического метода. Такая комбинация позволяет получить достоверную информацию о герметичности при относительно небольших издержках на организацию процесса контроля, поскольку дорогостоящая система рентгенодефектоскопического контроля может применяться для проверки параллельно работающих систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабарин В. П. Стерилизация консервов: Справочник / В. П. Бабарин. СПб.: ГИОРД, 2006. 312 с.
2. Долгий Н. А. Автоматизированная система контроля герметичности консервов / Н. А. Долгий, С. П. Сердобинцев // Автоматизация и современные технологии. М.: Машиностроение, 2011. № 1. С.14–16.
3. Нино В. П. Рентгенодефектоскопический комплекс для неразрушающего экспресс-контроля качества закаточного шва и содержимого консервной продукции / В. П. Нино // Рыбное хозяйство. 2014. № 1. С. 86–89.
4. Сборник технологических инструкций по производству консервов и пресервов из рыбы и нерыбных продуктов. СПб.: Судостроение, 2012. Т. 1. 160 с.

Статья поступила в редакцию 21.01.2016

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Долгий Николай Алексеевич – Россия, 236022, Калининград; Калининградский государственный технический университет; соискатель кафедры «Автоматизация производственных процессов»; nic7493@mail.ru.

Серпунина Любовь Тихоновна – Россия, 236022, Калининград; Калининградский государственный технический университет; г-р техн. наук, профессор; профессор кафедры «Технология продуктов питания»; serpunina@mail.ru.

Сердобинцев Станислав Павлович – Россия, 236022, Калининград; Калининградский государственный технический университет; г-р техн. наук, профессор; профессор кафедры «Автоматизация производственных процессов»; nic7493@mail.ru.



N. A. Dolgiy, L. T. Serpunina, S. P. Serdobintsev

NONDESTRUCTIVE METHOD OF CONTROL OF CANNED FOOD TIGHTNESS IN LINE PRODUCTION

Abstract. Various options of development of the systems for control of canned food tightness in line production are considered. The existing control methods do not give reliable operational information about tightness of canned food. Progress in area of tightness control for canned food in the conditions of line production is made by sharing experience of the modern scientific and technical approaches. The most significant offers for determination of canned food tightness are based on the use of technical vision system and x-ray equipment, which belong to nondestructive control methods. Application of these approaches demands introduction of the following subsystem in the monitoring system: technical vision, x-ray detection, positioning, rejection and alarm system. Tightness of canned food significantly depends on the quality of performance of a can seam. The use of technical vision allows to control the quality of the seam in the external parameters, and x-ray detection reveals deviations of the actual sizes of the internal parameters of the double can seam from their standard values. The experimental data on nondestructive testing of cans represent sets of points and single impulses. The latter correspond to non-tight cans, and points to tight ones. The block diagram of the system of the combined control and the algorithm of correction of control for closing machine, explaining the interaction of the main subsystems for quality control of the closing seam of canned food are developed. Besides the recommendations for execution of the main subsystems are made, which in total determinate the reliability of control.

Key words: cans, tightness, technical vision, camera, x-ray detection.

REFERENCES

1. Babarin V. P. *Sterilizatsiia konservov: Spravochnik* [Sterilization of cans: Reference]. Saint-Petersburg, GIORD, 2006. 312 p.
2. Dolgii N. A., Serdobintsev S. P. Avtomatizirovannaia sistema kontrolya germetichnosti konser-vov [Automated system of control of tightness of cans]. *Avtomatizatsiia i sovremennye tekhnologii*, 2011, no. 1, pp. 14–16.
3. Nino V. P. Rentgenodefektoskopicheski kompleks dlia nerazrushaiushchego ekspress-kontrolya kachestva zakatochnogo shva i sodержimogo konservnoi produktsii [X-ray nondestructive testing complex for nondestructive express control of the quality of the closing seam and the content of the canned products]. *Rybnoe khoziaistvo*, 2014, no. 1, pp. 86–89.
4. *Sbornik tekhnologicheskikh instruktsii po proizvodstvu konservov i preservov iz ryby i nerybnykh produktov* [Collection of technological recommendations on production of canned and preserved fish and non-fish products]. Saint-Petersburg, Sudostroenie Publ., 2012. 160 p.

The article submitted to the editors 21.01.2016

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Dolgiy Nikolay Alekseevich – Russia, 236022, Kaliningrad; Kaliningrad State Technical University; Postgraduate Student of the Department "Automation of Production Processes"; nic7493@mail.ru.

Serpunina Lyubov Tikhonovna – Russia, 236022, Kaliningrad; Kaliningrad State Technical University; Doctor of Technical Sciences, Professor; Professor of the Department "Food Technology"; serpunina@mail.ru.

Serdobintsev Stanislav Pavlovich – Russia, 236022, Kaliningrad; Kaliningrad State Technical University; Doctor of Technical Sciences, Professor; Professor of the Department "Automation of Production Processes"; nic7493@mail.ru.

