

М. С. Трубицына, Р. А. Сангаджиев, А. В. Шапин, И. М. Шандыбина

**ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
УЗЛОВ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ КОНТРОЛЯ
ГЕРМЕТИЧНОСТИ ПЭТ-БУТЫЛОК**

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: trubits2003@mail.ru, Artemoriginbq@gmail.com,
rodionsangadziev@gmail.com, ishandybina@yandex.ru

Созданы 3D-модели узлов автоматической линии поточного контроля герметичности ПЭТ-бутылок. Описан принцип работы каждого узла. В результате проведенных исследований получены оптимальные значения ключевых технологических параметров узлов линии для обеспечения их надежной работы при высоких нагрузках.

Ключевые слова: автоматическая линия, контроль герметичности, 3D-модель, ПЭТ-бутылка, оптимизация конструктивных параметров

M. S. Trubitsyna, R. A. Sangadzhiev, A. V. Shapin, I. M. Shandybina

**OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF UNITS
OF AUTOMATIC LINE FOR CONTROL OF HERMETICITY OF PET BOTTLES**

Volgograd State Technical University

3D models of units of the automatic flow control line for the tightness of PET bottles have been created. The operating principle of each unit has been described. As a result of the conducted research, optimal values of key technological parameters of line units have been obtained to ensure their reliable operation under high loads.

Keywords: automatic line, leak test, 3D model, PET bottle, optimization of technological parameters

Автоматический поточный контроль герметичности ПЭТ-бутылок является необходимым элементом современных производственных процессов, который обеспечивает качество, безопасность и эффективность упаковки. Внедрение таких систем не только улучшает производственные показатели, но и способствует удовлетворению потребностей клиентов и соблюдению отраслевых стандартов.

Компанией «Таурас-Феникс» было выдано техническое задание на разработку системы автоматического поточного контроля герметичности ПЭТ-бутылок. В результате проведения анализа существующих решений в области контроля герметичности упаковки было выделено три наиболее подходящих решения [1–3], которые легли в основу концепции системы.

В среде КОМПАС-3D созданы 3D-модели узлов автоматической линии поточного контроля герметичности ПЭТ-бутылок. Рассмотрим конструкцию и назначение каждого узла линии.

Узел контроля герметичности уплотнения (рис. 1, а) предназначен для того, чтобы проверить, что бутылка полностью герметична и не пропускает газ или жидкость. Это необходимо для предотвращения порчи продукта, протечек и выхода углекислого газа из газированных напитков. Контроль герметичности производится путем создания небольшого вакуума или нагнетания давления в области вокруг горлышка бутылки. Любое падение давления или потока воздуха указывает на утечку.

Узел контроля внутреннего давления (рис. 1, б) предназначен для проверки соответствия давления в бутылке установленным стандартам. Это особенно важно для газированных напитков, где соблюдение давления влияет на вкус и срок хранения продукта. Контроль осуществляется за счет прямого измерения давления с помощью датчиков. Датчик либо находится в непосредственном контакте с бутылкой, либо измеряет давление через механический интерфейс.

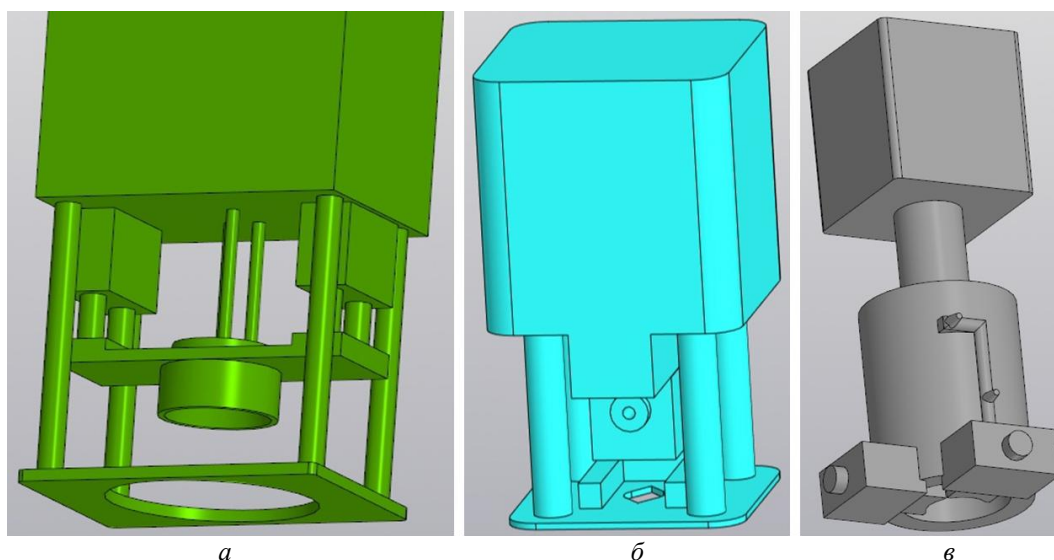


Рис. 1. Узлы автоматической линии:
а – узел контроля герметичности уплотнения; б – узел контроля внутреннего давления;
в – узел контроля крутящего момента

Узел контроля крутящего момента (рис. 1, в) предназначен для того, чтобы проверить, с каким усилием была закручена крышка. Недостаточно закрученные крышки могут протекать. Слишком сильно закрученные крышки могут повредиться или повредить бутылку и затруднить ее открывание. В данном узле используется устройство, измеряющее крутящий момент, прилагаемый к крышке. Бутылка проходит через приспособление или механизм захвата, ко-

торый создает противодействующий крутящий момент. С помощью тензодатчика в сочетании с энкодером могут быть измерены точный угол поворота и приложенное усилие.

Узел контроля угла примыкания (рис. 2, а) предназначен для проверки правильности положения крышки относительно горлышка бутылки. Неправильный угол примыкания может привести к нарушению герметичности или снижению эстетического качества упаковки.

Отсек для брака (рис. 2, б) предназначен для бутылок, не прошедших проверку в любом из узлов контроля. Это важно для выявления дефектов, предотвращения попадания к потребителю бракованных бутылок и повышения

эффективности системы сортировки. Обычно для перемещения бракованных бутылок на другой конвейер или в контейнер для сбора используется пневматический или механический привод.

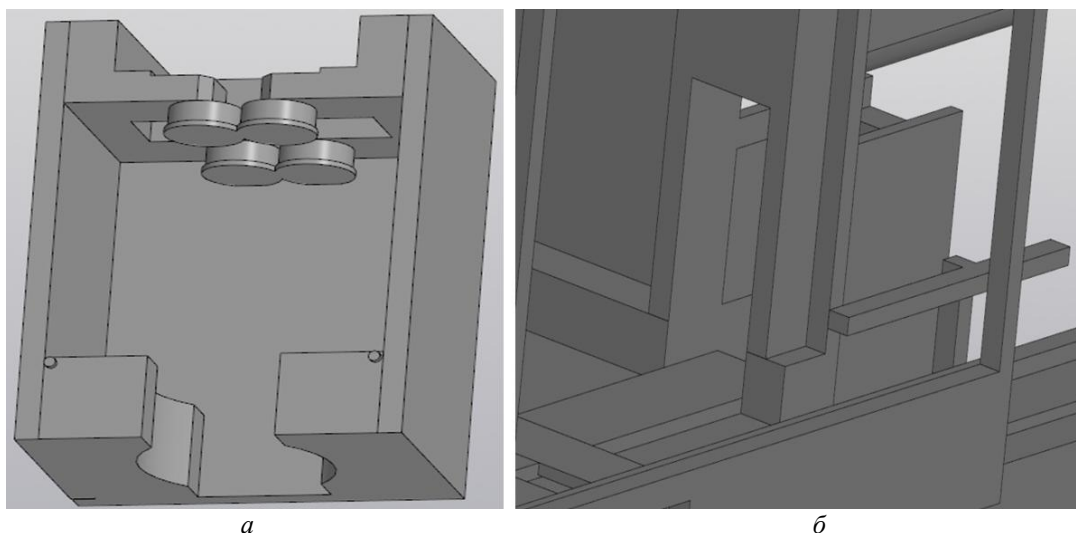


Рис. 2. Узлы автоматической линии:
а – узел контроля угла примыкания; б – отсек для брака

Каждый узел автоматической линии играет важную роль в процессе поточного контроля герметичности ПЭТ-бутылок, выполняя строго определенную задачу. Эти элементы работают в единой системе, обеспечивая комплексный подход к контролю, что позволяет гарантировать высокие стандарты качества упаковки.

При проектировании линии следует уделить особое внимание оптимизации ключевых технологических параметров ее узлов. Найдём оптимальные значения технологических параметров пневматической камеры, конвейера и датчика контроля крышек на основе общеизвестных законов физики. Исходные данные для расчетов будем выбирать в соответствии с заданием на разработку.

Для проверки герметичности бутылок в пневматической камере используется избыточное давление. Необходимый объем сжатого воздуха для проведения проверки рассчитывается, исходя из следующего условия:

$$P_c \cdot V_b = P_n \cdot (V_b + V_k), \quad (1)$$

где P_c – давление в системе подачи воздуха, $P_c = 0,8$ МПа; V_b – объем сжатого воздуха; P_n – проверочное избыточное давление, $P_n = 0,2$ МПа; V_b – объем бутылки, $V_b = 1$ л = $0,001$ м³; V_k – объем пневматической камеры, $V_k = 0,005$ м³.

Отсюда объем сжатого воздуха составит

$$V_b = P_n \cdot (V_b + V_k) / P_c = 0,2 \cdot (0,001 + 0,005) / 0,8 = 0,0015 \text{ м}^3. \quad (2)$$

Усилие F_o , необходимое для отвода бракованных бутылок с конвейера, равно:

$$F_o = m_b \cdot a_o, \quad (3)$$

где m_b – масса бутылки, $m_b = 0,05$ кг; a_o – ускорение отвода, $a_o = 2$ м/с².

$$F_o = 0,05 \cdot 2 = 0,1 \text{ Н}. \quad (4)$$

Для плавной и эффективной работы системы отбраковки механизм отвода должен обеспечивать усилие не менее $0,1$ Н.

Момент инерции транспортной ленты I_l определяется следующим образом:

$$I_l = 0,5 \cdot m_l \cdot R_n^2, \quad (5)$$

где m_l – масса ленты, $m_l = 10$ кг; R_n – радиус привода, $R_n = 0,1$ м.

$$I_l = 0,5 \cdot 10 \cdot 0,1^2 = 0,05 \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \quad (6)$$

Этот параметр гарантирует стабильность движения ленты и отсутствие перегрузок на приводе.

Производительность работы датчика контроля крышек бутылок P_d равна:

$$P_d = 1 / (t_c + t_o), \quad (7)$$

где t_c – время съема изображения, $t_c = 0,02$ с;
 t_o – время обработки изображения, $t_o = 0,03$ с.

$$P_d = 1 / (0,02 + 0,03) = 20 \text{ бут./с} = 72000 \text{ бут./ч} .$$

(8)

Максимальная производительность датчика составляет 72 тыс. бутылок в час, что в несколько раз превышает требования к производительности самых высокоскоростных анализаторов герметичности.

Это обеспечивает запас мощности для стабильной работы системы.

Таким образом, в результате проведенных исследований получены оптимальные значения ключевых технологических параметров узлов линии для обеспечения их надежной работы при высоких нагрузках.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пат. 2298774 Российская Федерация, МПК G01M 3/00. Способ контроля герметичности емкостей / В. И. Никулин, В. Я. Семенов ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» – ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ». – № 2005131324/28 ; заявл. 10.10.2005 ; опубл. 10.05.2007, Бюл. № 13.
2. Пат. 2451271 Российская Федерация, МПК G01M3/00. Способ и устройство для проверки герметичности емкостей / А. Монцель ; заявитель и патентообладатель КХС ГМБХ. – № 2010147372/28 ; заявл. 03.04.2009 ; опубл. 20.05.2012, Бюл. № 14.
3. Пат. 2728322 Российская Федерация, МПК G01M3/02. Способ контроля герметичности изделий и устройство для его осуществления / М. А. Могильников, А. С. Чуев, А. В. Ким, М. Ю. Куляхтин, И. А. Спиридонов, О. Б. Могильникова ; заявитель и патентообладатель Акционерное общество «Научно-исследовательский технологический институт им. П. И. Снегирева». – № 2019139577 ; заявл. 05.12.2019 ; опубл. 29.07.2020, Бюл. № 22.