

DOI: 10.34031/2071-7318-2025-11-2-93-104

***Чепчуров М.С., Санин С.Н., Баранов Д.С.**

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

*E-mail: avtpost@mail.ru

МОДЕРНИЗАЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ МАШИНЫ ПО ПРОИЗВОДСТВУ КОРПУСОВ ЖЕСТЯНОЙ ТАРЫ

Аннотация. В статье приведено краткое описание технологического процесса изготовления жестяных корпусов изделий на автоматической вальцовочно-сварочной машине. Обозначена проблема предприятия, заключающаяся в модернизации зарубежного сварочного оборудования, определен ряд задач, решение которых позволит усовершенствовать систему управления машины путем внедрения современных программируемых логических контроллеров.

В ходе исследований был подробно изучен процесс изготовления типового изделия – обечайки (корпуса) жестяной тары, определены основные рабочие зоны вальцовочно-сварочной машины и разработана циклограмма работы ее приводов. На основании этих данных был принят ряд условий и ограничений, направленных на повышение стабильности процесса и минимизацию возможных потерь машинного времени. Для реализации процесса с учетом всех ограничений и требований был сформирован перечень необходимых датчиков и определено их положение в автомате. Разработана временная диаграмма прохождения заготовки через узел сварки, позволяющая точно настроить работу заданных приводов и датчиков, определяющую производительность процесса сварки и качество получаемого изделия.

Разработаны программы управления сварочной машиной, включая непосредственно процесс сварки, а также интерфейс панели оператора системы управления, позволяющие провести ряд экспериментов по определению оптимальных режимов сварки.

Ключевые слова: сварочная машина, модернизация системы управления, программируемый логический контроллер (ПЛК), шовная роликовая сварка.

Введение. Для фасовки лакокрасочной продукции наиболее широкое применение нашла жестяная тара [1]. Ежегодно требуются миллиарды единиц различной тары. Задачу производства жестяной тары решают

специальные предприятия или, непосредственно, производители продукции. Процесс изготовления жестяной тары выполняется на автоматических линиях [2, 3], одна из которых представлена на фото (рис. 1).



Рис. 1. Автоматическая линия изготовления жестяных ведер

Краткое описание процесса: в автоматическую линию поступают заготовки в виде жестяных листов прямоугольной формы в соответствии с размерами будущего изделия, на которые при необходимости наносятся цветные изображения с указанием содержимого тары, при этом края заготовок подвергаются зачистке [4]

под сварку. С помощью вальцовки заготовке придают форму кольцевой обечайки (рис. 2), края которой впоследствии соединяют между собой с помощью сварки. В дальнейшем к полученной обечайке прикрепляется дно, привариваются ушки и устанавливается ручка, а на открытой части полученной тары

формируется валик, придающий конструкции тары определенную жёсткость и обеспечивая безопасность эксплуатации. В процессе перемещения изделия по автоматической линии выполняется контроль качества сварки и прочих соединений – происходит оценка прочности и отсутствия дефектов (трещин, непроваров), что

важно для герметичности тары. Впоследствии наносится защитное покрытие на шов в виде лака, производится сушка, выполняется общий контроль качества (проверка на герметичность, точность размеров, качество покрытия) и упаковка.

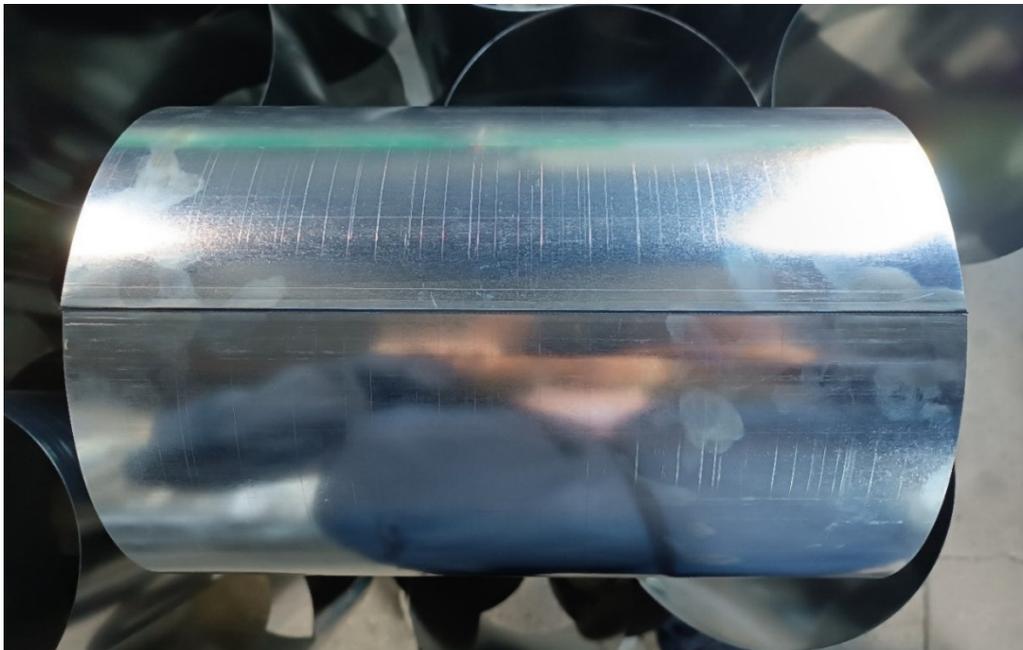


Рис. 2. Обечайка (корпус)

Основной операцией производственного процесса является вальцовка [5] и сварка [6–9] корпуса изделия, выполняемая специальным автоматом, состоящим из вальцовочно-сварочной машины [10] и листоподатчика. Такое разделение не случайно, так как указанные устройства автономны и различны по конструкции, зависящей от конкретных производителей. Производительность листоподатчика определяется производительностью вальцовочно-сварочной машины.

Объектом исследования является вальцовочно-сварочная машина. В Российской Федерации эксплуатируется большое количество подобных автоматов зарубежного производства, и в случае износа такой машины или выхода ее из строя, предприятие вынуждено тратить значительные средства на ремонт, модернизацию или приобретение новой.

В настоящее время модернизация таких машин с незначительным механическим износом узлов может заключаться в замене системы управления на более современную и эффективную [11].

Целью исследования является повышение производительности процесса изготовления жестяной тары за счет сокращения

вспомогательного и подготовительно-заключительного времени. Для выполнения процесса модернизации управления вальцовочно-сварочной машины необходимо решить следующие задачи:

- Детерминировать основные процессы, реализуемые машиной;
- Построить алгоритм работы машины с учётом современного состояния аппаратного обеспечения и комплектующих системы управления;
- Подобрать комплектующие системы управления и разработать управляющую программу.

Первостепенной является задача детерминирования, остальные задачи взаимосвязаны и решаются совместно.

Оборудование. Рассмотрим работу вальцовочно-сварочной машины (рис. 3).

Из листоподатчика заготовка 1 поступает в узел вальцовки, где вальцуется обечайка (корпус) изделия. После окончания вальцовки обечайка выводится из узла вальцовки упорами 2 цепного конвейера [12], при этом цепь перемещается на величину шага, равного расстоянию между соседними упорами 2 в направлении зоны сварки. По достижении обечайкой сварочных роликов (электродов) [13]

3 и 4 сварочного узла контактной сварки, включается пневматический привод 5, сводящий сварочные ролики между собой, благодаря чему происходит сжатие свариваемых внахлест кромок обечайки, движущихся между сварочными роликами, одновременно с тем на сварочные ролики подается напряжение.

Обечайка выходит из зоны действия цепного транспортёра и подается вдоль зоны сварки самими сварочными роликами. По окончании процесса сварки пневмопривод отключается, подача сварочного тока прекращается и готовая обечайка перехватывается выходным транспортёром.



Рис. 3. Вальцовочно-сварочная машина

Авторы описывают оборудование, в котором перемещение заготовки в узел сварки выполняется цепным конвейером. Однако существуют конструкции машин, в которых перемещение обечайки производится за счет пневмопривода или электропривода с кривошипно-ползунным механизмом, выходные звенья которых совершают возвратно-поступательные движения и перемещают обечайку из зоны вальцовки сразу в зону сварки. Хотя такой способ кажется значительно проще, он не позволяет регулировать скорость перемещения заготовки в требуемом диапазоне, к тому же за счет выполнения возврата штока в исходное положение увеличивается общее время цикла. Перемещение заготовок цепным конвейером не имеет возвратных движений, привод позволяет регулировать скорость в достаточно широком диапазоне, наличие не одного, а нескольких шагов перемещения заготовки от узла вальцовки к узлу сварки позволяет создать, своего рода, накопитель свальцованных заготовок. В случае пропуска подачи листов возможно увеличение скорости подачи заготовок с помощью регулируемого привода, что способствует минимизации потерь времени.

При более подробном рассмотрении работы цепного конвейера и узла сварки выявляется следующая зависимость: неважно, какая скорость цепи конвейера устанавливается, в момент сварки она становится равной скорости вращения дисковых электродов. Одним из

преимуществ цепного конвейера подачи заготовок является возможность контролировать момент вала двигателя. Внезапное увеличение момента свидетельствует о наличии затора, по этому сигналу можно незамедлительно остановить оборудование во избежание аварии и устранить неполадку.

В процессе сварки контакт роликов между собой и непосредственно с заготовкой недопустим, т.к. это ведет к ряду неизбежных дефектов и неисправностей: перегреву, повышенному износу и прогоранию заготовки, а в худшем случае – выходу оборудования из строя, поэтому по роликам пропускается предварительно профилированная (плоская) медная проволока, которая служит промежуточным контактным элементом [14, 15]. Проволока используется однократно и после прохождения по электродам она отправляется на измельчение (рубку) для дальнейшей переработки. Из этого следует, что узел подачи проволоки должен изменять профиль проволоки с круглого на плоский, следить за целостностью проволоки и преобразовывать ее в лом. К тому же он должен сам обеспечивать натяжение проволоки, например, с помощью бесштоковых пневмоцилиндров [16].

В процессе сварки происходит значительный нагрев узлов оборудования: тиристорного контактора, сварочного трансформатора, элементов сварочного контура (шин) и внутренних полостей верхней электродной головки и нижнего электродного

устройства [17], в связи с этим необходимо дополнительное их охлаждение с помощью жидкого теплоносителя, т.к. работа узла контактной сварки без подачи охлаждающей жидкости недопустима.

Выделим три основные рабочие зоны вальцовочно-сварочной машины, располагающиеся последовательно: 1 – вальцовка, 2 – перемещение, 3 – сварка. Дополнительная зона 4 включает: профилирование, подачу, натяжение и утилизацию проволоки. Связь зон 3 и 4

осуществляется приводным роликом, одновременно являющимся сварочным электродом.

Анализ циклограммы (Табл. 1) показывает, что вальцы (вальцовочный узел) постоянно находятся в работе – это является предпочтительным, т.к. при их включении и выключении затрачивается время на разгон и остановку, что в свою очередь увеличивает длительность цикла и негативно влияет на производительность процесса в целом.

Таблица 1

Циклограмма работы вальцовочно-сварочной машины

Операция Оборудование	Вальцовка	Перемещение	Сварка
Привод вальцов			
Привод конвейера			
Привод ролика			
Муфта привода ролика			
Цилиндр прижима электрода			
Привод профилирования			
Привод рубки			
Время такта	T1	T2	T3

Приводы, активность которых определяется операцией, отмечены зеленым. Золотым отмечены приводы, активность которых зависит только от сигнала датчиков.

Привод роликов постоянно находится во включенном состоянии, момент от него передаётся муфтой, включаемой во время сварки (рис. 4).



Рис. 4. Привод роликов

Приводы профилирования и рубки могут быть включены при необходимости, что определяется наличием проволоки в накопителе (рис. 5).

Свальцованная заготовка поступает в узел сварки, в котором выполняется соединение двух краёв барабана 1 с помощью неподвижного 2 и

прижимного 4 роликов, между которыми пропущена медная проволока 3. Прижим осуществляется с помощью пневмоцилиндра 7, шток которого воздействует на держатель 5 прижимного ролика 4, усилие прижима можно регулировать с помощью пружинного механизма 6 (рис. 6).



Рис. 5. Накопитель проволоки

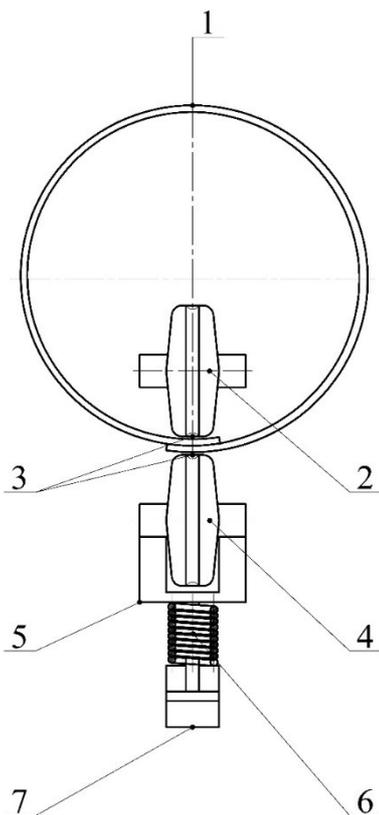


Рис. 6. Схема сварки заготовки барабана

Анализ оборудования показывает, что для реализации технологии получения сварного барабана из листового материала требуется наладка следующих узлов: податчика листовых заготовок, узла вальцовки обечаяек, узла перемещения заготовок, узла сварки заготовок, узла профилирования и подачи проволоки. Последовательная и синхронная работа этих узлов обеспечивает реализацию процесса получения обечайки.

Методы. Метод получения обечаяек из листового материала лишь частично затронут при описании оборудования, в связи с этим требуются уточнения. Поскольку реализуется синхронно-последовательная схема, то очевидным становятся запреты на выполнение текущей операции, если не подготовлена последующая, например, при отсутствии сигнала

о рабочем состоянии вальцов подача заготовок листоподачиком недопустима, при отсутствии сигнала о рабочем состоянии профилирования и подачи проволоки процесс сварки недопустим. Игнорирование этих ограничений неизбежно приведет к повреждению заготовок, образованию заторов, обрыву сварочной проволоки, а в отдельных случаях к выходу из строя оборудования и несчастным случаям.

Если взаимные запреты можно реализовать просто подачей на соответствующий узел разрешающего сигнала от синхронного узла, то последовательная реализация процесса получения обечайки требует использования в оборудовании датчиков сигналов или состояний.

Подача листовой заготовки в узел вальцовки возможна только в том случае, если цепной конвейер находится в положении, исключающем соударение вальцуемой листовой заготовки с упором транспортера (рис. 7).

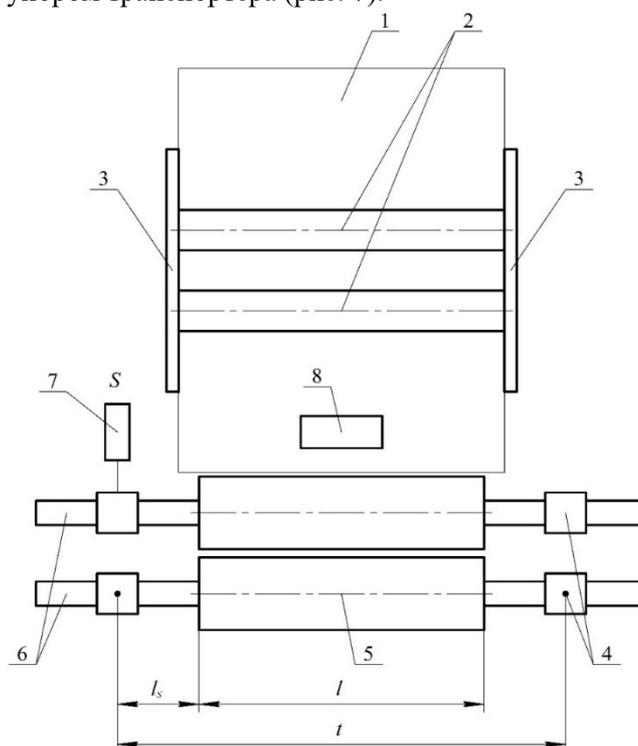


Рис. 7. Схема подачи заготовки в узел вальцовки

Согласно схеме, подача листа 1 валками листоподачика 2 [18] по направляющим 3 возможна только в том случае, если упор 4, закреплённый на цепном конвейере 6, находится в начальном положении S , определяемом конечным выключателем 7. Расстояние от торца вальцов 5 до датчика 7 можно определить по формуле:

$$l_S = \frac{t-l}{2} \quad (1)$$

где l , мм – длина вала вальцов; t , мм – расстояние между соседними упорами 4 в продольном направлении. Отклонение положения датчика 7, превышающее расчетное расстояние l_S неизбежно приведет к последствиям, описанным ранее.

Цепь конвейера совершает как медленные, так и быстрые перемещения, например, подвод цепи в начальное положение выполняется на максимальной скорости, что исключает точное позиционирование упора ввиду возникающих сил инерции, в связи с этим необходимо обеспечить торможение цепи перед профилированием при минимальном времени цикла получения изделия.

Решение задачи торможения при помощи дополнительного конечного переключателя неэффективно, т.к. требуется его механическая настройка. Предпочтительным является использование энкодера [19, 20], в этом случае возможно подобрать положение упора, при котором включается торможение.

Для контроля наличия листа необходим дополнительный конечный выключатель 8, определяющий прохождение листа через вальцы 5 и дающий команду на включение перемещения цепи, а также позволяющий вести учет поступающих на вальцовку листов и свальцованных заготовок. Используются передний и задний фронты импульса, формируемые этим датчиком. Авторы использовали фотоэлектрический датчик, состоящий из источника света и приёмника [21].

Наиболее важной является зона сварки (рис. 8). Заготовка 1 подаётся в сварочный узел упором цепного конвейера 6, при этом заготовка проходит направляющую (мундштук) 5, в которой формируется необходимый нахлест её краёв. Дальнейшее перемещение заготовки выполняется роликами 3 и 4, один из которых является ведущим и вращается с заданной скоростью – v_p , м/мин. Для исключения деформации заднего края движущейся заготовки, её скорость – v_3 , м/мин не должна превышать скорость вращения роликов, из этого следует, что:

$$v_3 < \frac{\pi \cdot d_p \cdot n_p}{1000} \quad (2)$$

где, d_p , мм и n_p , об/мин – диаметр и частота вращения ролика соответственно. Ролики 3 и 4 являются электродами контактной сварки. Во время прохождения заготовки между роликами на них подаётся напряжение сварки, и через заготовку протекает сварочный ток, величина которого зависит от толщины свариваемого металла [22]. Команда на включение и выключение приводного сварочного ролика и подачу сварочного напряжения формируется датчиком 2, определяющим наличие заготовки в зоне сварки.

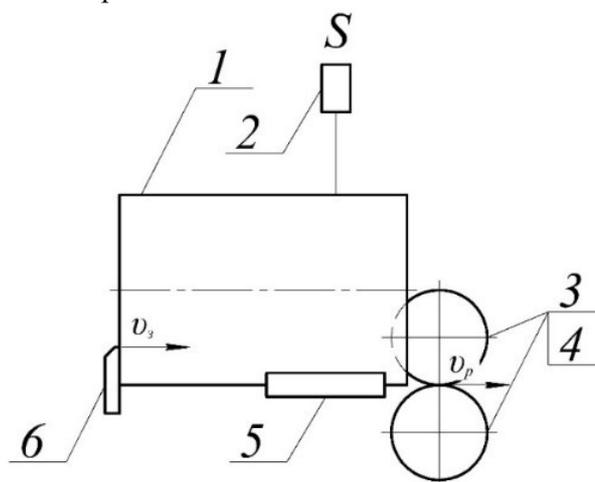


Рис. 8. Схема прохождения заготовки через узел сварки

При перемещении заготовки 1, её передний край достигает датчика 2, который управляет процессом сварки (рис. 9, а). В течение времени τ_1 включается приводной ролик 3, и заготовка перемещается со скоростью v_p (рис. 9, б). По прошествии времени τ_1 подводится прижимной ролик 4, обеспечивая, тем самым прочность соединения, на сварочные электроды и проволоку подаётся напряжение, через заготовку начинает проходить сварочный ток. При выходе заднего края заготовки за пределы плоскости S (рис. 9, в), через определенное время подача напряжения на электроды должна прекратиться, при этом задняя кромка заготовки окажется в плоскости W . Так как скорость заготовки не изменяется, то подача тока должна прекращаться не позднее момента прохождения заготовки через ось роликов (рис. 9, г).

На временной диаграмме (Рис. 10), приближенной к реальным условиям, за начало отсчета принимаем точку S , то есть момент прохождения передней кромки заготовки датчика 2 (рис. 9, а), при этом за время τ_1 должен включиться приводной ролик. Напряжение на сварочные электроды подаётся в момент времени τ_3 , но этот момент времени может быть сдвинут

на величину τ_2 и τ_4 , если требуется не проваривать часть шва. Конец процесса сварки определяется в точке E (рис. 10), но не позднее прохождения задней кромки заготовки плоскости W (Рис. 9, г). Вращение приводного

ролика прекращается через время τ_5 . Необходимым условием является прекращение подачи тока не позднее выхода заготовки за пределы плоскости W .

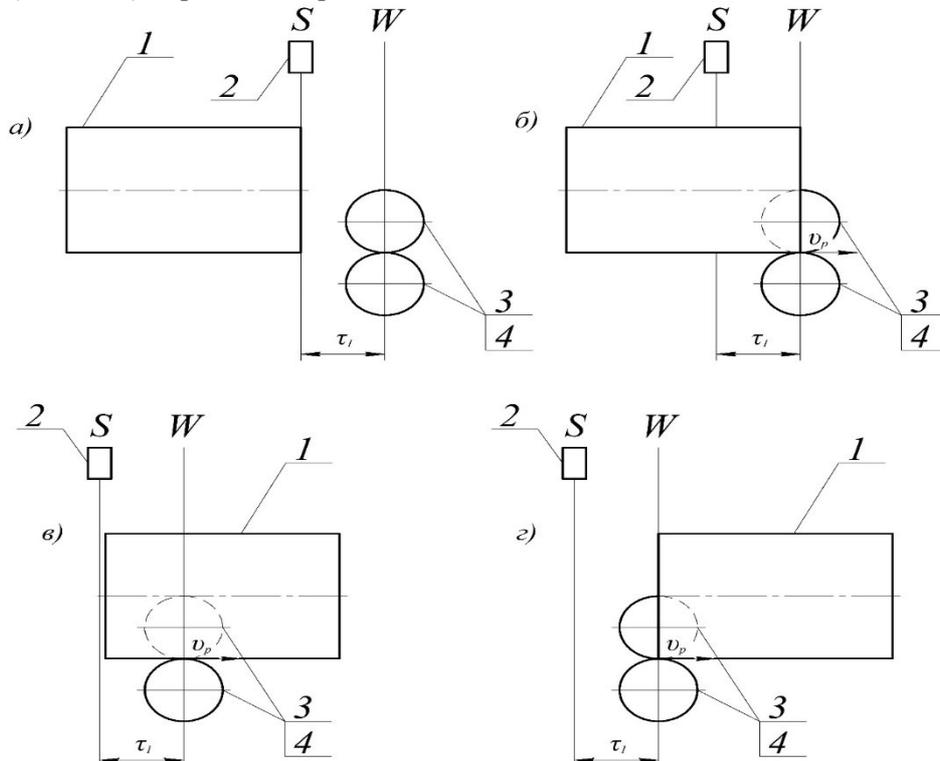


Рис. 9. Схема прохождения заготовки барабана через зону сварки

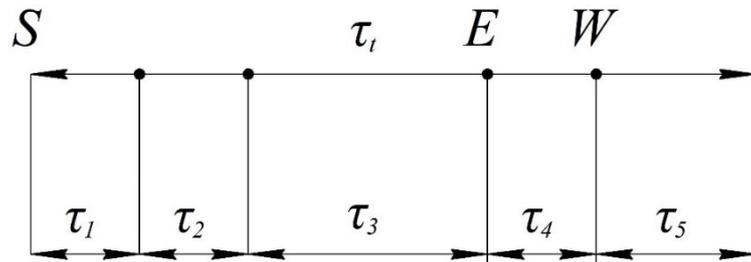


Рис. 10. Временная диаграмма прохождения заготовки через узел сварки

Результаты. С помощью датчика 2 (Рис. 9) можно точно определить положение передней и задней кромки заготовки, положение остальных точек заготовки – только косвенно, а именно по времени, прошедшем от пересечения заготовкой датчика. Наличие энкодера позволяет вычислить позицию каждой точки конкретно в единицах длины, т.е. то, что вычислялось из условий:

$$l_{\text{тек}} = v_p \cdot \tau_{\text{тек}} \quad (3)$$

$$\tau_{\text{тек}} = \tau_1 + \tau_2 + \tau_n \quad (4)$$

где $\tau_{\text{тек}}$, сек – текущее время движения заготовки; τ_n , сек – время прохождения n -го участка заготовкой. В случае использования дополнительного энкодера на приводе подающего ролика для определения текущей позиции возможно более точное позиционирование.

Определено количество приводов вальцовочно-сварочной машины:

Привод вальцов можно использовать нерегулируемый, т.к. в процессе работы скорость вальцов не изменяется;

Привод ролика регулируемый, причем следует исключить влияние разгона и торможения на процесс сварки, как вариант, привод включен постоянно, а ролик подключается с помощью муфты;

Привод профилирования проволоки регулируемый, причем его скорость связана со скоростью сварочного ролика;

Привод цепи только регулируемый, причины указаны выше;

Привод рубки проволоки регулируемый.

Определен перечень основных датчиков, необходимых для реализации управления процессом получения обечайки (табл. 2).

Таблица 2

Перечень датчиков системы управления

№ п/п	Наименование датчика	Функции датчика
1.	Датчик загрузки	Определение позиции загрузки листа
2.	Фотоэлектрический датчик листа	Определение поступления листа в вальцы, определение свальцованного листа
3.	Энкодер на приводе цепи конвейера	Определение положения цепи для точного позиционирования упора
4.	Датчик начала и окончания сварки	Запуск процесса и окончание процесса сварки
5.	Датчик заклинивания цепи	Определение затора при транспортировке заготовок к узлу сварки
6.	Датчик прижима ролика	Определение установленного прижима сварочного ролика
7.	Датчик проволоки	Определение наличия проволоки по её натяжению
8.	Датчик включения профилирования и подачи проволоки	Включение подачи проволоки и её профилирование
9.	Датчик выключения подачи проволоки	Определение наличия проволоки в накопителе и выключение её подачи
10.	Датчик включения рубки проволоки	Определение необходимости удаления проволоки из накопителя
11.	Датчик выключения рубки проволоки	Отключение рубки проволоки
12.	Датчик обрыва проволоки	Датчик определения обрыва проволоки, по которому отключается её подача и привод сварочного ролика
13.	Датчик наличия давления воздуха в системе	Блокировка работы машины при отсутствии в системе воздуха, который используется в процессе подачи и накопления проволоки, а также в приводе сварочного ролика и узле подачи листов
14.	Датчик потока	Определение наличия потока охлаждающей жидкости и блокировка работы машины при его отсутствии
15.	Датчик тока	Определение величины тока сварки, отключение подачи напряжения при превышении допустимого значения

Следует отметить, что использование датчика 15 не обязательно при выполнении наладки, чего нельзя сказать об автоматическом режиме.

Представлен фрагмент программы для ПЛК на языке LD, реализующий включение и выключение напряжения на сварочных электродах (рис. 11).

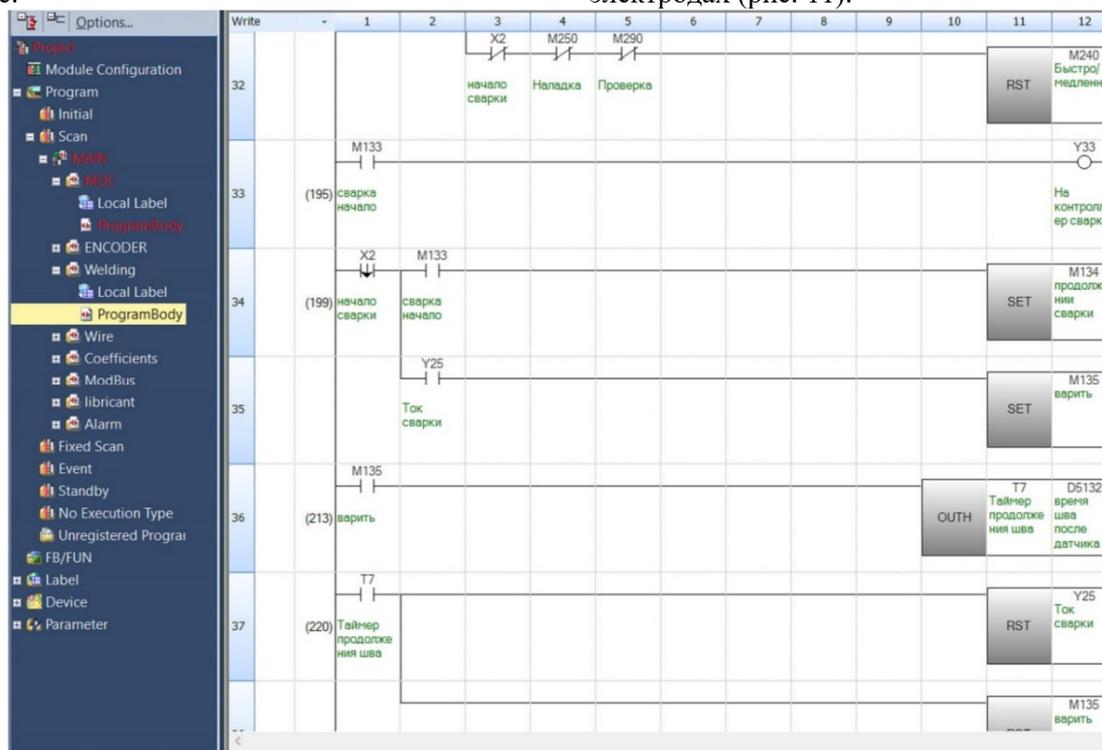


Рис. 11. Фрагмент программы управления процессом сварки на языке LD

Без предварительного структурного анализа невозможно разработать интерфейс панели оператора системы управления машиной (рис.

12). Алгоритм управления машиной и процессом сварки будет изложен в других публикациях.



Рис. 12. Интерфейс управления вальцовочно-сварочной машиной (Экран "Работа")

Выводы. Описанный выше предварительный анализ структуры автоматической вальцовочно-сварочной машины для изготовления тонкостенных барабанов, позволил авторам провести серию опытов по поиску сварочных режимов с полной заменой системы управления на современную с использованием промышленного логического контроллера, в том числе и для управления процессом сварки.

Опыты, проведённые авторами, позволили точно идентифицировать заготовку по времени, при этом задавалось опорное время таймеров позиционирования: время пропуска шва в начале, время пропуска шва в конце, время вывода заготовки из зоны сварки. Это опорное время назначалось для скорости проволоки 10 м/мин, а затем при изменении этой скорости корректировались значения таймеров, что является достаточным основанием в отказе использования дополнительного энкодера в приводе ролика.

Источник финансирования. Исследование выполнено в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В. Г. Шухова

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Производство жестяной тары // Жестеупаковка [Электронный ресурс]. URL:

<https://www.zhestepack.ru/production.html> (дата обращения: 13.05.2025).

2. Автоматическая линия для производства жестяной тары // JORSON [Электронный ресурс]. URL: <http://metalpackaging.ru/1-10-1-40-50spm-automatic-tinplate-pail-and-bucket-production-line.html> (дата обращения: 13.05.2025).

3. Индивидуальные решения для производства металлической тары // STWMF [Электронный ресурс]. URL: <http://canbodymakingline.ru/customized-canbody-production-lines-solutions.html> (дата обращения: 13.05.2025).

4. Чепчуров М.С., Четвериков Б.С., Минасова В.Е., Баранов Д.С., Санин С.Н. Автоматическое управление зачистными модулями машины для механической обработки кромок листовых заготовок // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. 2025. №. 1. С. 12–20. DOI: 10.30987/2658-6436-2025-1-12-20

5. Вальцовка // САЙВЕРХОТ [Электронный ресурс]. URL: <https://saverhot.ru/baza-znaniy/azbuka-trub-ppu/valtsovka/> (дата обращения: 13.05.2025).

6. Шовная (роликовая) сварка // РУДЕТРАНС [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rudetrans.ru/o-svarke/shovnaya-rolikovaya-svarka/> (дата обращения: 13.05.2025).

7. Чулошников П.Л. Точечная и роликовая электросварка легированных сталей и сплавов. М: Машиностроение, 1974. 232 с.

8. Гуляев И.А. Технология точечной и рельефной сварки (в массовом производстве). М.: Машиностроение, 1978. 246 с.
9. Кабанов Н.С. Сварка на контактных машинах. М.: Высшая школа, 1973. 255 с.
10. Автоматические корпусообразующие машины (сварные) // NEW DODO [Электронный ресурс]. URL: <http://canproductionline.ru/2-1-automatic-canbody-welder.html> (дата обращения: 13.05.2025).
11. Рафиков И. А., Ямалетдинов Р. К. Теория и практика в модернизации многоточечных электроконтактных сварочных машин // Технологии реновации машин и оборудования. Уфа: Башкирский государственный аграрный университет. 2016. С. 247–254.
12. Зенков Р.Л., Ивашков И.И., Колобов Л.Н. Машины непрерывного транспорта. М.: Машиностроение, 1980. 301 с.
13. Слиозберг С.К., Чулошников П.Л. Электроды для контактной сварки. Л.: Машиностроение, 1972. 96 с.
14. Сварочная проволока: виды и применение // FoxWeld [Электронный ресурс]. URL: <https://foxweld.ru/company/articles/svarochnaya-provoloka-vidy-i-primeneniye/> (дата обращения: 13.05.2025).
15. Сварочная проволока: виды и применение // МЕТАЛЛИНВЕСТ [Электронный ресурс]. URL: <https://m-investspb.ru/poleznaya-informatsiya/vidy-svarochnoy-provoloki> (дата обращения: 13.05.2025).
16. БЕСШТОКОВЫЕ ПНЕВМОЦИЛИНДРЫ // КРИОЛА URL: <https://pneumaticpro.by/pnevmonsilindry/besshtokovyepnevmonsilindry/> (дата обращения: 13.05.2025).
17. Чулошников П.Л. Контактная сварка. М.: Машиностроение, 1987. 176 с.
18. Вальцы листогибочные // IB GROUP [Электронный ресурс]. URL: <https://ib-gr.ru/categories.php?id=48> (дата обращения: 13.05.2025).
19. Энкодеры // КТС [Электронный ресурс]. URL: <https://krmts.ru/encoders.html> (дата обращения: 13.05.2025).
20. Ключиков А.В. Куприн М.С. Имитационные модули энкодеров и электрических двигателей при проектировании робототехнических систем // Робототехника и техническая кибернетика. 2025. Т. 13, № 1. С. 50–56.
21. Принципы работы фотоэлектрических датчиков, виды, особенности // Sensoren [Электронный ресурс]. URL: https://sensoren.ru/news/printsipy_raboty_fotoelektricheskikh_datchikov_vidy_osobennosti/ (дата обращения: 13.05.2025).
22. Кочергин К.А. Контактная сварка. Л.: Машиностроение, 1987. 240 с.

Информация об авторах:

Чепчуров Михаил Сергеевич, д.т.н., профессор кафедры технологии машиностроения. E-mail: avtpost@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Санин Сергей Николаевич, к.т.н., доцент кафедры технологии машиностроения. E-mail: osup-sns@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Баранов Денис Сергеевич, ассистент кафедры технологии машиностроения. E-mail: den-3218@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 24.05.2025 г.

© Чепчуров М.С., Санин С.Н., Баранов Д.С., 2026

***Chepchurov M.S., Sanin S.N., Baranov D.S.**
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov
**E-mail: avtpost@mail.ru*

MODERNIZATION OF AUTOMATIC MACHINE FOR PRODUCING TIN CONTAINER CASES

Abstract. *The article provides a brief description of the technological process for manufacturing tin body products on an automatic rolling and welding machine. The enterprise's problem of upgrading foreign welding*

equipment is identified, a number of tasks are defined, the solution of which will improve the machine control system by introducing modern programmable logic controllers.

During the research, the manufacturing process of a typical product - a shell (body) of a tin container - was studied in detail, the main working areas of the rolling and welding machine were determined, and a cyclogram of its drives was developed. Based on these data, a number of conditions and restrictions were adopted aimed at increasing the stability of the process and minimizing possible losses of machine time. To implement the process taking into account all the restrictions and requirements, a list of necessary sensors was formed and their position in the machine was determined. A time diagram of the passage of the workpiece through the welding unit was developed, allowing for precise adjustment of the operation of the specified drives and sensors, determining the productivity of the welding process and the quality of the resulting product. Programs have been developed to control the welding machine, including the welding process itself, as well as the interface of the control system operator panel, allowing a series of experiments to be carried out to determine the optimal welding modes.

Keywords: welding machine, control system upgrade, programmable logic controller (PLC), seam roller welding

REFERENCES

1. Production of tin containers. Tin packaging. [Proizvodstvo zhestyanoj tary. ZHestepakovka]. URL: <https://www.zhestepack.ru/production.html> (date accessed: 13.05.2025). (rus)
2. Automatic line for the production of tin containers. JORSON. [Avtomaticheskaya liniya dlya proizvodstva zhestyanoj tary. JORSON]. URL: <http://metalpackaging.ru/1-10-1-40-50cpm-automatic-tinplate-pail-and-bucket-production-line.html> (date accessed: 13.05.2025). (rus)
3. Customized solutions for metal container production. STWMF. [Individual'nye resheniya dlya proizvodstva metallicheskoy tary. STWMF]. URL: <http://canbodymakingline.ru/customized-canbody-production-lines-solutions.html> (date accessed: 13.05.2025). (rus)
4. Chepchurov M.S., Chetverikov B.S., Minasova V.E., Baranov D.S., Sanin S.N. Automatic control of cleaning modules of a machine for mechanical processing of edges of sheet blanks [Avtomaticheskoe upravlenie zachistnymi modul'yami mashiny dlya mekhanicheskoy obrabotki kromok listovyh zagotovok]. Automation and modeling in design and management. 2025. No. 1. Pp. 12–20. DOI: 10.30987/2658-6436-2025-1-12-20 (rus)
5. Rolling. SAVERHOT. [Val'covka. SAJVERHOT]. URL: <https://saverhot.ru/bazaznaniy/azbuka-trub-ppu/valtsovka/> (date accessed: 13.05.2025). (rus)
6. Seam (roller) welding. RUDETRANS. [Shovnaya (rolikovaya) svarka. RUDETRANS]. URL: <https://www.rudetrans.ru/o-svarke/shovnaya-rolikovaya-svarka/> (date accessed: 13.05.2025). (rus)
7. Chuloshnikov P.L. Spot and roller electric welding of alloy steels and alloys. [Tochehnaya i rolikovaya elektrosvarka legirovannyh stalej i splavov]. Moscow: Mechanical Engineering, 1974. 232 p. (rus)
8. Gulyaev I.A. Technology of spot and projection welding (in mass production). [Tekhnologiya tochechnoj i rel'efnoj svarki (v massovom proizvodstve)]. Moscow: Mechanical engineering, 1978. 246 p. (rus)
9. Kabanov N.S. Welding on contact machines. [Svarka na kontaktnyh mashinah.]. Moscow: Graduate School, 1973. 255 p. (rus)
10. Automatic body forming machines (welding). NEW DODO [Avtomaticheskije korpusoobrazuyushchie mashiny (svarnye). NEW DODO]. URL: <http://canproductionline.ru/2-1-automatic-canbody-welder.html> (date accessed: 13.05.2025). (rus)
11. Rafikov I.A., Yamaletdinov R.K. Theory and practice in the modernization of multi-spot electric contact welding machines. Technologies for the renovation of machines and equipment [Teoriya i praktika v modernizacii mnogotochechnyh elektrokontaktnyh svarochnyh mashin. Tekhnologii renovacii mashin i oborudovaniya.]. Ufa: Bashkir State Agrarian University. 2016. Pp. 247–254. (rus)
12. Zenkov R.L., Ivashkov I.I., Kolobov L. N. Continuous transport machines. [Mashiny nepreryvnogo transporta]. Moscow: Mechanical Engineering, 1980. 301 p. (rus)
13. Sliozberg S.K., Chuloshnikov P.L. Electrodes for contact welding. [Elektrody dlya kontaktnoj svarki]. Leningrad: Mashinostroenie, 1972. 96 p. (rus)
14. Welding wire: types and applications. FoxWeld. [Svarochnaya provoloka: vidy i primeneniye. FoxWeld]. URL: <https://foxweld.ru/company/articles/svarochnaya-provoloka-vidy-i-primeneniye/> (date accessed: 13.05.2025). (rus)
15. Welding wire: types and applications. METALLINVEST. [Svarochnaya provoloka: vidy i primeneniye. METALLINVEST]. URL: <https://m-investspb.ru/poleznaya-informatsiya/vidy-svarochnoy-provoloki> (date accessed: 13.05.2025). (rus)

16. RODLESS PNEUMATIC CYLINDERS. CRIOLA. [BESSHTOKOVYE PNEVMOCILINDRY. KRIOLA]. URL: <https://pneumaticpro.by/pnevmonsilindry/besshtokovyepnevmonsilindry/> (date accessed: 13.05.2025). (rus)

17. Chuloshnikov P.L. Contact welding. [Kontaktная svarka]. Moscow: Mechanical Engineering, 1987. 176 p. (rus)

18. Sheet metal bending rolls. IB GROUP. [Val'cy listogibochnye. IB GROUP]. URL: <https://ib-gr.ru/categories.php?id=48> (date accessed: 13.05.2025). (rus)

19. Encoders. KTS. [Enkodery. KTS]. URL: <https://krmts.ru/encoders.html> (date accessed: 13.05.2025). (rus)

20. Klyuchikov A.V., Kuprin M.S. Simulation modules of encoders and electric motors in the

design of robotic systems. Robotics and technical cybernetics. [Imitacionnye moduli enkoderov i elektricheskikh dvigatelej pri proektirovanii robototekhnicheskikh sistem. Robototekhnika i tekhnicheskaya kibernetika.]. 2025. Vol. 13, No. 1. P. 50-56.

21. Principles of operation of photoelectric sensors, types, features. Sensoren. [Principy raboty fotoelektricheskikh datchikov, vidy, osobennosti. Sensoren]. URL: https://sensoren.ru/news/printsipy_raboty_fotoelektricheskikh_datchikov_vidy_osobennosti/ (date accessed: 13.05.2025). (rus)

22. Kochergin K.A. Contact welding. [Kontaktная svarka]. Leningrad.: Mechanical Engineering, 1987. 240 p. (rus)

Information about the authors

Chepchurov, Mikhail S, DSc. E-mail: avtpost@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova, 46.

Sanin, Sergey N, PhD. E-mail: sns@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova st., 46.

Baranov, Denis S, Assistant. E-mail: den-3218@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova, 46.

Received 24.05.2025

Для цитирования:

Чепчуров М.С., Санин С.Н., Баранов Д.С. Модернизация автоматической машины по производству корпусов жестяной тары // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2026. № 2. С. 93–104. DOI: 10.34031/2071-7318-2025-11-2-93-104

For citation:

Chepchurov M.S., Sanin S.N., Baranov D.S. Modernization of automatic machine for producing tin container cases. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2026. No. 2. Pp. 93–104. DOI: 10.34031/2071-7318-2025-11-2-93-104