

DOI: 10.15593/2224-9400/2022.2.08

Научная статья

УДК 66.012-52

Р.Р. Исламов, А.Г. ШумихинПермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия**АДАПТАЦИЯ СИСТЕМЫ ПРОГРАММНО-ЛОГИЧЕСКОГО
УПРАВЛЕНИЯ ПАКЕТОФОРМИРУЮЩЕЙ МАШИНОЙ
ФИРМЫ MÖLLERS К СОВРЕМЕННЫМ СРЕДСТВАМ
АВТОМАТИЗАЦИИ SIMATIC**

Рассматривается подход к модернизации АСУ ТП пакетоформирующей машины фирмы Möllers в производстве сыпучих материалов на одном из предприятий химической отрасли. Обследована пакетоформирующая машина и ее АСУ ТП, реализованная на базе средств автоматизации SIMATIC и разделенная на АСУ ТП укладки мешков на поддон и АСУ ТП обмотки уложенных на поддон мешков в стретч-пленку. Выявлена проблема устаревания технического и программного обеспечения АСУ ТП укладки мешков на поддон, сформулированы и решены задачи, направленные на ее модернизацию. В результате подобраны современные аналоги технических средств SIMATIC, адаптировано программное обеспечение SIMATIC к выбранным техническим средствам, разработана имитационная модель пакетоформирующей машины в программной среде SIMIT и с применением модели произведена оценка работоспособности адаптированного программного обеспечения SIMATIC.

При адаптации программного обеспечения SIMATIC построена модель логического управления. Разработанные по модели алгоритмы управления реализованы на языке функциональных блоков FBD и языке инструкций STL в среде программирования панели оператора и ПЛК TIA Portal. Для оценки работоспособности алгоритмов, реализованных в TIA Portal, с использованием метода вычислительного эксперимента осуществлена их реализация в среде моделирования SIMIT. Полученные результаты моделирования алгоритмов управления свидетельствуют о работоспособности созданного программного обеспечения АСУ ТП укладки мешков на поддон.

Эти же методы адаптации и оценки работоспособности программного обеспечения SIMATIC, использованные для АСУ ТП укладки мешков на поддон, применимы и для АСУ ТП обмотки уложенных на поддон мешков в стретч-пленку.

Ключевые слова: сыпучий материал, производство, пакетоформирующая машина, АСУ ТП, техническое обеспечение, программное обеспечение, модернизация, адаптация.

R.R. Islamov, A.G. Shumikhin

Perm National Research Polytechnic University,
Perm, Russian Federation

ADAPTATION THE SYSTEM OF PROGRAM-LOGICAL CONTROL OF THE BAG-FORMING MACHINE «MÖLLERS» TO MODERN SIMATIC AUTOMATION TOOLS

The article considers an approach to modernization the PCS of the bag-forming machine f. «Möllers» in bulk material production in one of enterprises of chemical industry. The bag-forming machine and its PCS, implemented on the basis of SIMATIC components and divided by a PCS of stacking bags on a pallet and a PCS of wrapping palletized bags in stretch film, were surveyed. The hardware and software obsolescence problem of PCS of stacking bags on a pallet was identified. The tasks aimed at modernization this PCS were formulated and solved. As a result modern analogues of SIMATIC hardware were selected, SIMATIC software was adapted to the selected hardware, a simulation model of the bag-forming machine was developed in the SIMIT software environment and using the model evaluated the performance of the adapted SIMATIC software.

During the adaptation of the SIMATIC software, a logical control model was built. The control algorithms developed according to the model are implemented in FBD and the STL languages in the TIA Portal operator panel and PLC programming environment. To evaluate the performance of the algorithms realized in the TIA Portal, using the method of computational experiment, they were implemented in the SIMIT simulation environment. The obtained simulation results of the control algorithms testify to the performance of the created software of PCS of stacking bags on a pallet.

The same methods of adaptation and performance evaluation of the SIMATIC software, used for the PCS described above, are also applicable for the PCS of wrapping palletized bags in stretch film.

Keywords: *bulk material, production, bag-forming machine, PCS, hardware, software, modernization, adaptation.*

Введение. Эксплуатация любой автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) завершается либо ее полной заменой, либо ее модернизацией. Полная замена эксплуатируемой АСУ ТП влечет за собой куда больше денежных и временных затрат, чем ее модернизация, поскольку требует обновления всего комплекса технических и программных средств вплоть до разработки АСУ на базе устройств других производителей. Поэтому при возможности целесообразно провести модернизацию АСУ ТП путем выборочной замены компонентов ее технического и программного обеспечения на более совершенные современные аналоги.

На производстве упаковочных машин специализируются такие компании, как BEUMER, VENTOMATIC, «ВСЕЛУГ» и другие, в том

числе Möllers, пакетоформирующая машина которой рассматривается в статье. Управление технологическим процессом упаковки в машине фирмы Möllers осуществляется системой, созданной на базе программно-технических средств SIMATIC и введенной в эксплуатацию в 2007 г. Поэтому в настоящий момент стоит проблема устаревания технического и программного обеспечения АСУ ТП пакетоформирующей машины.

Для моделирования алгоритмов управления могут быть использованы подходы, основанные на Switch-технологии, графах переходов, сетях Петри, блок-схемах, булевой логике и нечеткой логике [1–3]. Анализ этих методов показывает, что для системы, у которой существует программный код, наиболее приемлемой является разработка алгоритмов на основе булевой модели логического управления, поскольку использование алгоритмов, реализованных в виде булевых функций, позволяет непосредственно реализовать их на одном из языков программирования из стандарта МЭК 61131-3 для программируемых логических контроллеров (ПЛК), основная информация по которым приведена в работе [4].

Автоматизированный технологический процесс упаковки пакетоформирующей машиной. Пакетоформирующая машина фирмы Möllers предназначена для автоматизированной укладки мешков с сыпучим материалом на деревянный поддон и их последующей обмотки в стретч-пленку.

Проведено обследование процессов упаковки мешков пакетоформирующей машиной. По результатам исследования конструктивных особенностей пакетоформирующей машины и технологических процессов, выполняемых ее узлами, разработана технологическая схема, отражающая состав оборудования машины и последовательность выполнения операций (рис. 1).

Назначение операций, выполняемых узлами машины, приведено в табл. 1.

В работе пакетоформирующей машины можно выделить следующие 4 этапа: подготовка поддона для укладки на него слоев из 5 мешков с сыпучим материалом, формирование слоя из 5 мешков, укладка слоя из 5 мешков на поддон и обмотка 8–10 слоев из 5 мешков в стретч-пленку.

Алгоритм функционирования машины схематично представлен на рис. 2 [5].

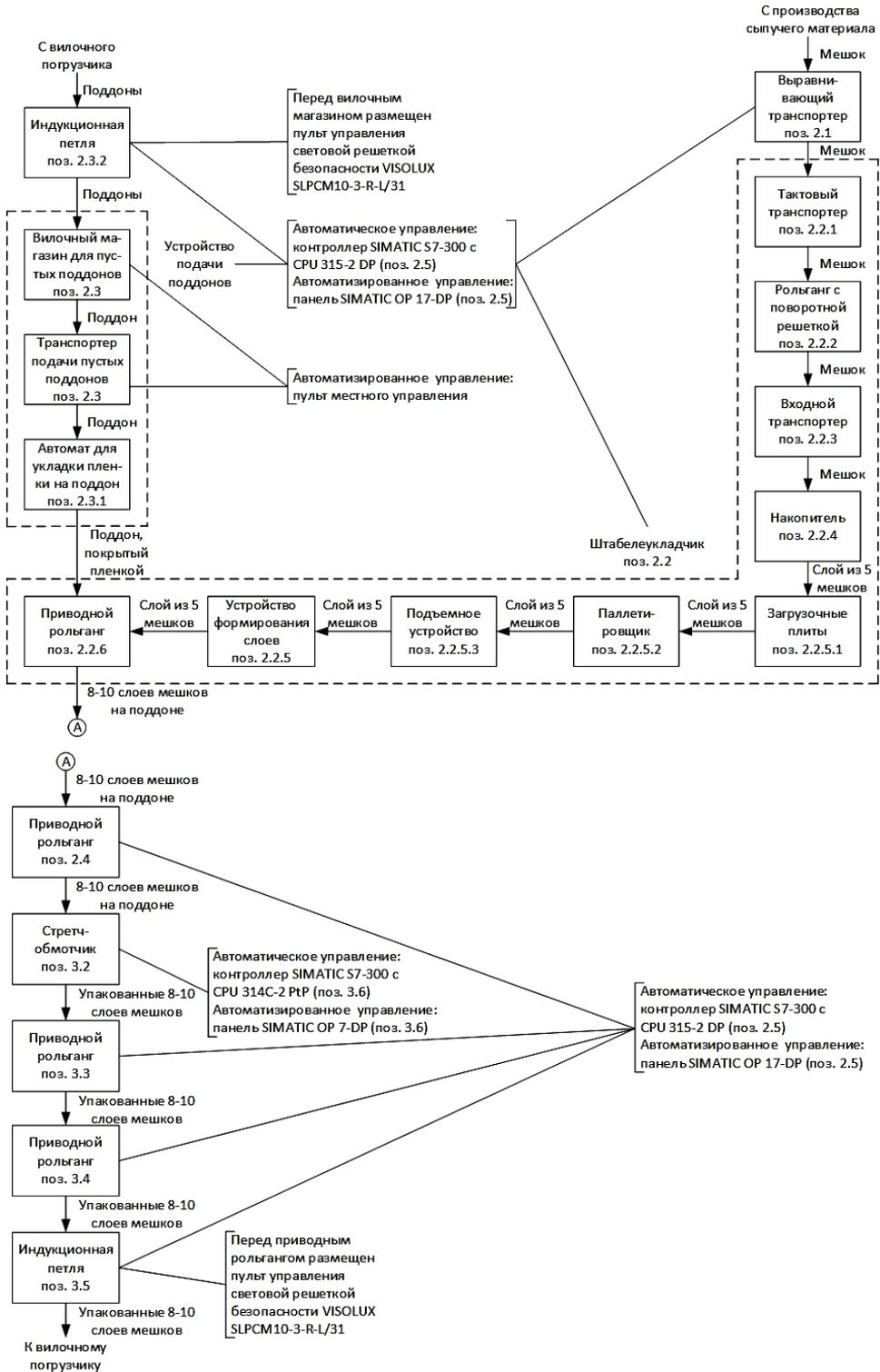


Рис. 1. Технологическая схема пакетоформирующей машины

Таблица 1

Назначение узлов пакетоформирующей машины

Поз.	Узел	Технологическая операция
2.1	Выравнивающий транспортер	Выравнивание мешка и исключение из него воздуха
2.2	Штабелеукладчик	Укладывание слоя из 5 мешков на поддон
2.2.1	Тактовый транспортер	Перемещение мешка
2.2.2	Рольганг с поворотной решеткой	Изменение положения мешка и его перемещение
2.2.3	Входной транспортер	Перемещение мешка и накопление слоя из 5 мешков
2.2.4	Накопитель	Перемещение слоя из 5 мешков
2.2.5	Устройство формирования слоев	Утрамбовка слоя из 5 мешков
2.2.5.1	Загрузочные плиты	Перемещение слоя из 5 мешков
2.2.5.2	Паллетировщик	Укладывание слоя из 5 мешков на слои мешков, лежащих на поддоне
2.2.5.3	Подъемное устройство	Подъем и спуск слоя из 5 мешков
2.2.6	Приводной рольганг	Перемещение 8-10 слоев мешков
2.3	Вилочный магазин для пустых поддонов	Хранение пустых поддонов
2.3	Транспортер подачи пустых поддонов	Перемещение пустого поддона
2.3.1	Автомат для укладки пленки на поддон	Укладка пленки на пустой поддон
2.3.2	Индукционная петля	Предохранение от наезда вилочного погрузчика
2.4	Приводной рольганг	Перемещение 8–10 слоев мешков на поддоне
2.5	АСУ ТП на базе ПЛК S7-300 CPU 315-2 DP	Управление выравнивающим транспортером поз. 2.1, штабелеукладчиком поз. 2.2, устройством подачи поддонов, приводными рольгангами поз. 2.4, 3.3 и 3.4 и индукционными петлями поз. 2.3.2 и 3.5
3.2	Стретч-обмотчик	Обмотка 8–10 слоев мешков на поддоне в стретч-пленку
3.3	Приводной рольганг	Перемещение 8–10 слоев мешков на поддоне
3.4	Приводной рольганг	Перемещение 8–10 слоев мешков на поддоне
3.5	Индукционная петля	Предохранение от наезда вилочного погрузчика
3.6	АСУ ТП на базе ПЛК S7-300 CPU 314C-2 PtP	Управление стретч-обмотчиком поз. 3.2

На первом этапе, при подготовке поддона для укладывания на него слоев мешков с сыпучим материалом, вилочный погрузчик укладывает поддоны на вилочный захват магазина поз. 2.3, из которого транспортер поз. 2.3 перемещает один поддон к приводному рольгангу поз. 2.2.6. Во время перемещения поддон проходит через автомат поз. 2.3.1,

который кладет на него пленку. При достижении роляганга поз. 2.2.6 на поддон, покрытый пленкой, укладываются слои из 5 мешков.

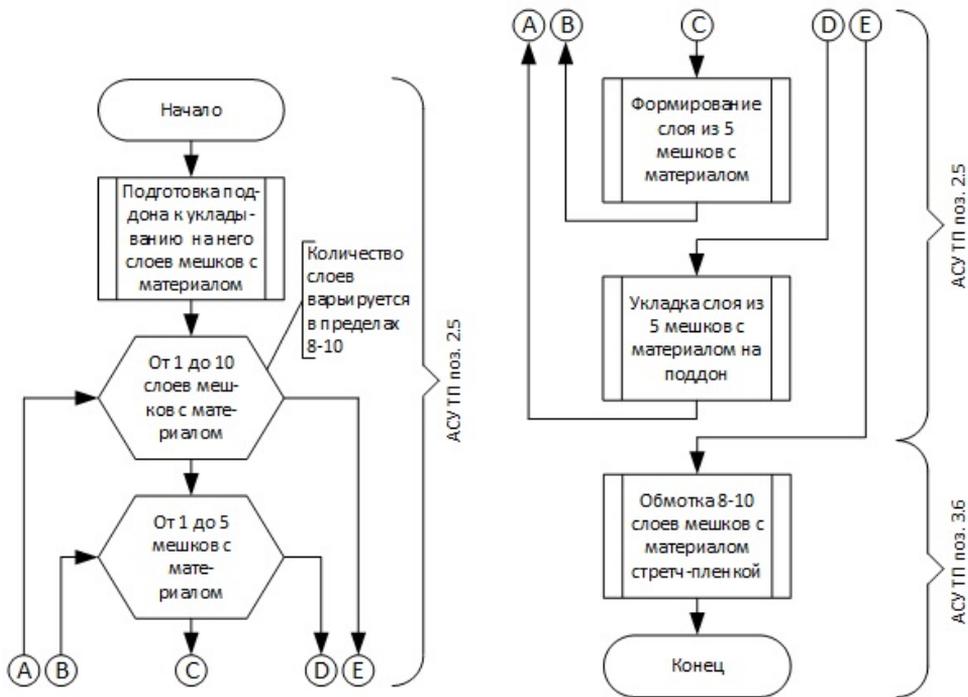


Рис. 2. Схема алгоритма функционирования пакетоформирующей машины

На втором этапе, при формировании слоя из 5 мешков с сыпучим материалом, на выравнивающий транспортер поз. 2.1 подается мешок посредством ленточных конвейеров с производства сыпучего материала. Далее мешок, выравненный в транспортере поз. 2.1, при помощи тактового транспортера поз. 2.2.1 попадает на роляганг поз. 2.2.2, где согласно алгоритму меняет или не меняет свое положение на поворотной решетке. Попав на входной транспортер поз. 2.2.4, мешок вместе с другими образует слой из 5 мешков.

На третьем этапе, при укладке слоя из 5 мешков с сыпучим материалом на поддон, слой из 5 мешков подается накопителем поз. 2.2.4 с входного транспортера поз. 2.2.3 на загрузочные плиты поз. 2.2.5.1 паллетировщика поз. 2.2.5.2. 5 мешков на загрузочных плитах поз. 2.2.5.1 утрамбовывается устройством формирования слоев поз. 2.2.5 и укладываются подъемным устройством поз. 2.2.5.3 на слои мешков, лежащих на поддоне, который покрыт пленкой и расположен на приводном роляганге поз. 2.2.6.

На четвертом этапе, при обмотке 8–10 слоев мешков с сыпучим материалом в стретч-пленку, поддон при достижении 8–10 слоев мешков перемещается из приводного рольганга поз. 2.2.6 в стретч-обмотчик поз. 3.2, который обматывает все слои в стретч-пленку. Далее поддон с обмотанными слоями мешков отправляется к приводному рольгангу поз. 3.4, откуда отгружается вилочным погрузчиком.

Техническое обеспечение действующей АСУ ТП пакетоформирующей машины. По результатам обследования пакетоформирующей машины и проектно-технической документации на нее разработана функциональная схема автоматизации, изображенная на рис. 3.

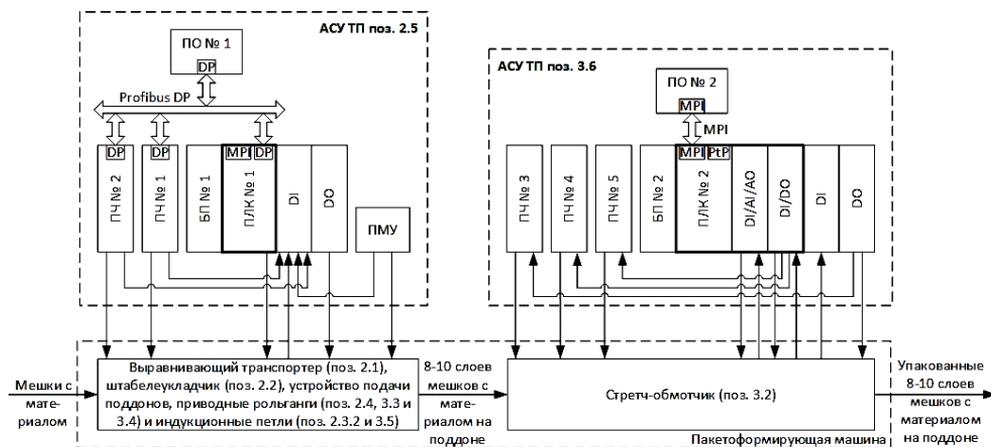


Рис. 3. Функциональная схема АСУ ТП пакетоформирующей машины: 1, 2, 6, 7 и 8 – преобразователи частоты (ПЧ); 3 и 9 – блоки питания (БП); 4 и 10 – панели оператора (ПО); 5 – пульт местного управления (ПМУ)

АСУ ТП пакетоформирующей машины разделена на 2 части:

1. АСУ ТП (поз. 2.5 на рис. 1), включающая в себя элементы в количестве:

- 1 ПЛК S7-300 CPU 315-2 DP;
- 1 текстовая панель оператора OP 17-DP;
- 5 сигнальных модулей SM 321 с 32 дискретными входами;
- 2 сигнальных модуля SM 322 с 32 дискретными выходами;
- 2 преобразователя частоты SEW-EURODRIVE;
- 1 блок питания Phoenix Contact;
- 1 пульт местного управления вилочным магазином для пустых поддонов (поз. 2.3 на рис. 1) и транспортером подачи пустых поддонов (поз. 2.3 на рис. 1).

2. АСУ ТП (поз. 3.6 на рис. 1), состоящая из элементов в количестве:
 - 1 ПЛК S7-300 CPU 314C-2 PtP;
 - 1 текстовая панель оператора OP 7-DP;
 - 2 сигнальных модуля SM 321 с 16 дискретными входами;
 - 2 сигнальных модуля SM 322 с 16 дискретными выходами;
 - 3 преобразователя частоты Lenze;
 - 1 блок питания Siemens.

Каждая из текстовых панелей оператора имеет дисплей, на котором отображается только текст и значения переменных. При этом графика и анимация в панелях не доступны.

Системы управления (поз. 2.5 и поз. 3.6 на рис. 1) не интегрированы в другие системы управления, т.е. АСУ ТП пакетоформирующей машины не является составной частью интегрированной автоматизированной системы управления рассматриваемого предприятия.

Далее рассматривается только АСУ ТП (поз. 2.5 на рис. 1), управляющая всей пакетоформирующей машиной, кроме стретч-обмотчика (поз. 3.2 на рис. 1).

Для системы управления поз. 2.5 составлен перечень дискретных входов и выходов, а также перечень меркеров – битов памяти ПЛК. Фрагмент перечня с описанием дискретных входов и меркеров представлен в табл. 2 и 3, соответственно.

Программное обеспечение действующей АСУ ТП поз. 2.5.

Программное обеспечение АСУ ТП включает в себя:

1. Проект STEP 7 – программа, разработанная в среде программирования SIMATIC STEP 7 для ПЛК.
2. Проект ProTool – человеко-машинный интерфейс, созданный в среде программирования SIMATIC ProTool для панели оператора.

Таблица 2

Фрагмент описания дискретных входов АСУ ТП поз. 2.5

Адрес	Тег для входа	Возможные значения тега	Назначение устройства	Устройство
I 8.0	P 23-B1:1	0 – Отсутствие мешка на нижнем транспортере поз. 2.1 1 – Наличие мешка на нижнем транспортере поз. 2.1	Остановка электродвигателей поз. = P+23-M1 и = P+23-M2	2 фотоэлектрических однолучевых датчика Pepperl+Fuchs LD/LV-28-F1/47/76a-82/105
I 8.1	P 24-B1:1	0 – Отсутствие мешка на транспортере поз. 2.2.1 1 – Наличие мешка на транспортере поз. 2.2.1	Остановка электродвигателя поз. =P+24-M1	2 фотоэлектрических однолучевых датчика Pepperl+Fuchs LD/LV-28-F1/47/76a-82/105

Фрагмент описания меркеров АСУ ТП поз. 2.5

Адрес	Меркер	Возможные значения меркера
M0.0	Запуск штабелеукладчика	0 – Штабелеукладчик не запущен 1 – Штабелеукладчик запущен
M0.1	Исправность преобразователей частоты и тормозных резисторов	0– Наличие неисправностей 1– Отсутствие неисправностей
...
M1.0	Импульс для увеличения значения на 1 счетчика количества мешков в формирующемся слое при ручном режиме работы штабелеукладчика	0– Значение счетчика не увеличено оператором на 1 1– Значение счетчика увеличено оператором на 1
...
M8.0	Режим работы штабелеукладчика	0– Штабелеукладчик работает в автоматическом режиме 1– Штабелеукладчик работает в ручном режиме
...
M54.1	Предыдущий импульс для увеличения значения на 1 счетчика количества мешков в формирующемся слое при автоматическом режиме работы штабелеукладчика	0– Значение счетчика не увеличено на 1 1– Значение счетчика увеличено на 1

Основными составляющими проекта ПЛК STEP 7 являются программы, называемые Network, предназначенные для выполнения операций логического И, логического ИЛИ, RS-триггеров, счетчиков, таймеров, компараторов и др. [6]. Программы написаны на языках FBD и STL, описанных в источнике [7].

Основными составляющими проекта панели оператора ProTool являются экраны интерфейса, в которых используются следующие элементы: надпись, поле ввода-вывода и комбинированный список (поле ввода-вывода с выпадающим текстовым списком).

Пример экрана из проекта панели ProTool представлен на рис. 4.

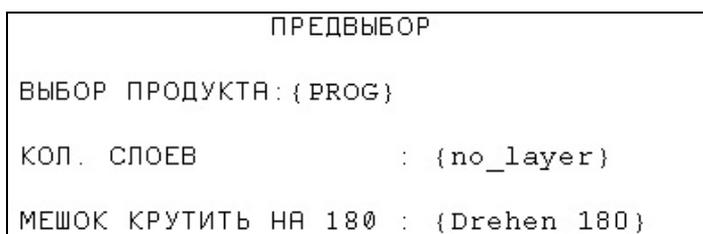


Рис. 4. Экран интерфейса в проекте ProTool: {no_layer} – поле ввода/вывода; {PROG} и {Drehen_180} – комбинированные списки

Проблемы технического и программного обеспечения действующей АСУ ТП поз. 2.5. К числу возникших проблем относится следующее:

1. Отсутствуют запасные элементы технического обеспечения АСУ ТП, так как многие из них сняты с производства компанией Siemens [8].

2. Среда программирования панелей оператора ProTool не поддерживается компанией Siemens в настоящее время [9].

3. Отказ технических средств действующей АСУ ТП приведет к отказу установленного в системе программного обеспечения STEP 7 и ProTool.

4. Элементы технического и программного обеспечения с позиции надежности находятся в основном соединении (без резервирования), т.е. отказ любого из них приводит к отказу всей системы управления и останову пакетоформирующей машины.

Для решения выявленных проблем сформулированы цель и задачи исследований, которые решаются при модернизации АСУ ТП пакетоформирующей машины [10, 11].

Цель и задачи исследований при модернизации АСУ ТП поз. 2.5.

Целью исследований, рассматриваемых в статье, является обоснование рациональной замены в АСУ ТП при ее модернизации существующих технических средств и программного обеспечения на основе моделирования технологических операций узлов пакетоформирующей машины и алгоритмов управления при адаптации существующих программных средств при их конвертации в современную среду программирования панели оператора и ПЛК.

Для достижения поставленной цели необходимо подобрать современные аналоги панели оператора, ПЛК и сигнальных модулей, разработать булеву модель операций, выполняемых машиной, реализовать модель логического управления средствами среды программирования панели оператора и ПЛК TIA Portal и реализовать модель пакетоформирующей машины в вычислительном эксперименте с динамизацией отображения операций ее узлов инструментами среды моделирования SIMIT (рис. 5 и 6).

В качестве среды моделирования взята платформа SIMIT, так как она предназначена для тестирования проектов, разработанных в среде TIA Portal. В SIMIT моделируется пакетоформирующая машина для оценки работоспособности алгоритмов, реализованных в TIA Portal с отладкой программ при необходимости [12, 13].



Рис. 5. Тестирование АСУ ТП на модели пакетформирующей машины

Алгоритмы контроля и управления отлажены



Рис. 6. Тестирование отлаженной АСУ ТП на пакетформирующей машине

Подбор современных аналогов технических средств АСУ ТП поз. 2.5. При выборе современных аналогов технических средств, представленных в работе [14], произведено сравнение их характеристик и функций, используемых при управлении пакетформирующей машиной. Кроме того, учитывалась их стоимость. В результате выбраны следующие устройства: сенсорная панель оператора TP1200 Comfort, ПЛК S7-1500 CPU 1511-1 PN, сигнальные модули SM 1521 и SM 1522 и коммуникационный процессор CP 1542-5 для подключения ПЛК S7-1500 к преобразователям частоты по сети Profibus DP (см. рис. 3).

Разработка и реализация алгоритмов управления АСУ ТП поз. 2.5. Для разработки алгоритмов и программ управления пакетформирующей машиной применен метод адаптации существующих программных средств АСУ ТП, заключающийся в их автоматизированной миграции (конвертации) в современную среду программирования панели оператора и ПЛК TIA Portal (рис. 7). Возникшие при автоматизированной миграции ошибки устраняются «вручную».

Результатом миграции является проект TIA Portal, в котором сконфигурированы современная сенсорная панель оператора и ПЛК S7-300. В проекте TIA Portal ПЛК S7-300 на ПЛК S7-1500 будет заменен после ввода в эксплуатацию сенсорной панели.

Пример формального описания алгоритма из проекта TIA Portal в виде булевой модели логического управления представлен ниже:

$$CU = M0.0 \wedge \overline{M0.1} \wedge (M1.0 \wedge M8.0 \vee \overline{M54.1} \wedge \overline{I8.1}).$$

Описание каждой переменной приведено в табл. 2 и 3.

Алгоритм предназначен для увеличения значения на 1 счетчика количества мешков в формирующемся слое при ручном и автоматиче-

ском режиме работы штабелеукладчика. Реализация алгоритма на языке FBD приведена на рис. 8.

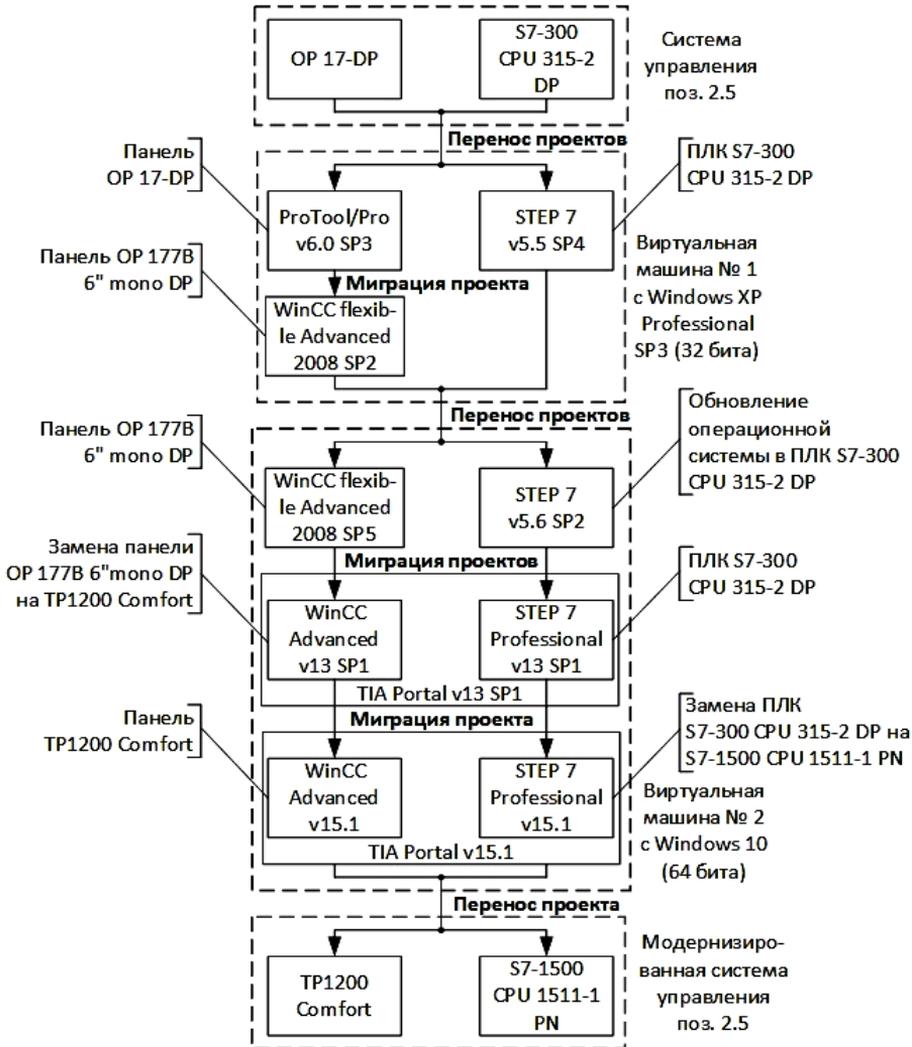


Рис. 7. Последовательность адаптации проектов ProTool и STEP 7 к TIA Portal

Модернизация системы визуализации АСУ ТП поз. 2.5. В результате миграции произведена замена текстовой панели OP 17-DP на сенсорную панель TP 1200 Comfort (см. рис. 7). По данной причине произведена полная переработка исходных экранов интерфейса (пример на рис. 4) в TIA Portal с использованием принципов создания систем визуализации АСУ ТП, описанных в [15]. Пример разработанного в TIA Portal экрана интерфейса представлен на рис. 9.

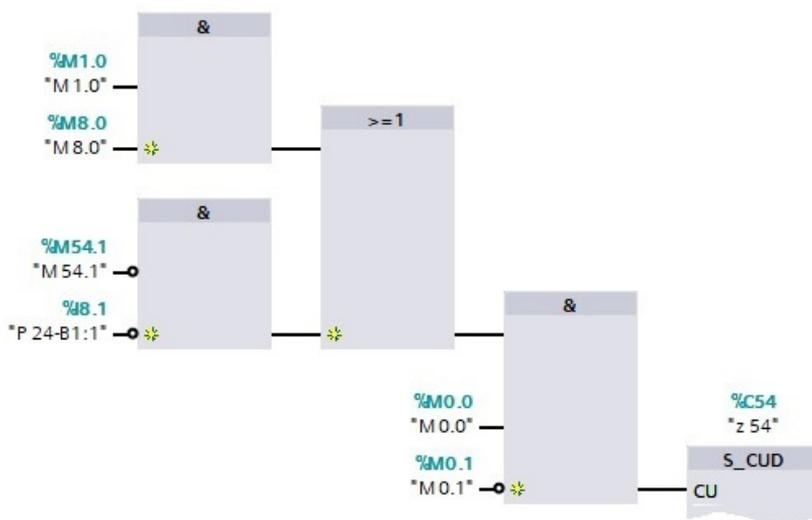


Рис. 8. Реализация алгоритма в проекте ТИА Portal

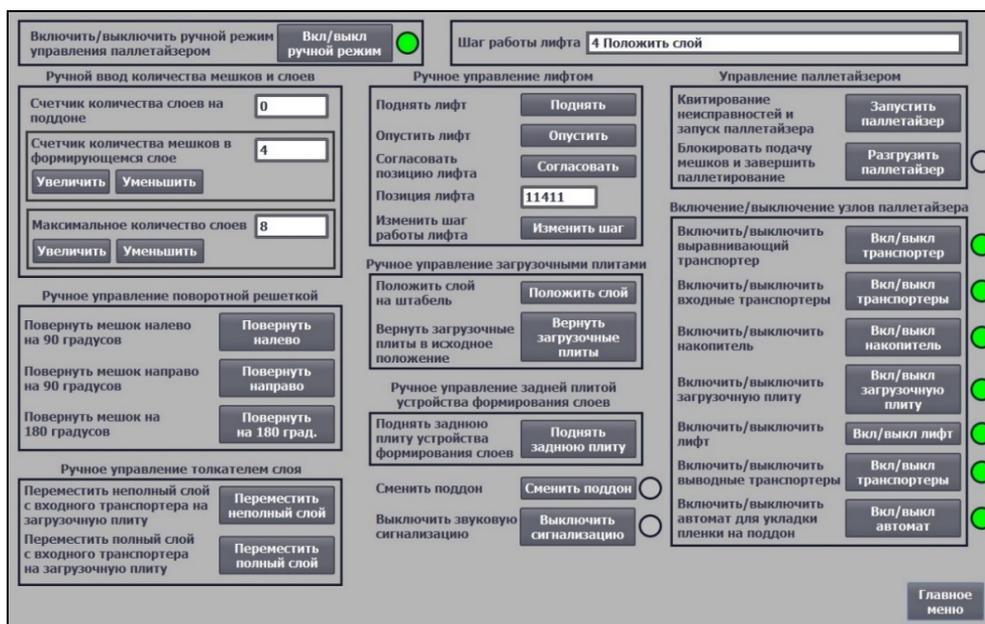


Рис. 9. Экран интерфейса «Ручное управление» в ТИА Portal

Дополнительно проведена модернизация проекта панели в ТИА Portal: добавлены экраны с мнемосхемами, которые повысят уровень контроля за процессом упаковки и уровень диагностики аварийных ситуаций. Пример мнемосхемы изображен на рис. 10.

Разработка имитационной модели пакетоформирующей машины. На основании технологической схемы пакетоформирующей машины

(см. рис. 1) и характеристик ее узлов и электропривода разработана имитационная модель данной машины в программной среде SIMIT (рис. 11).

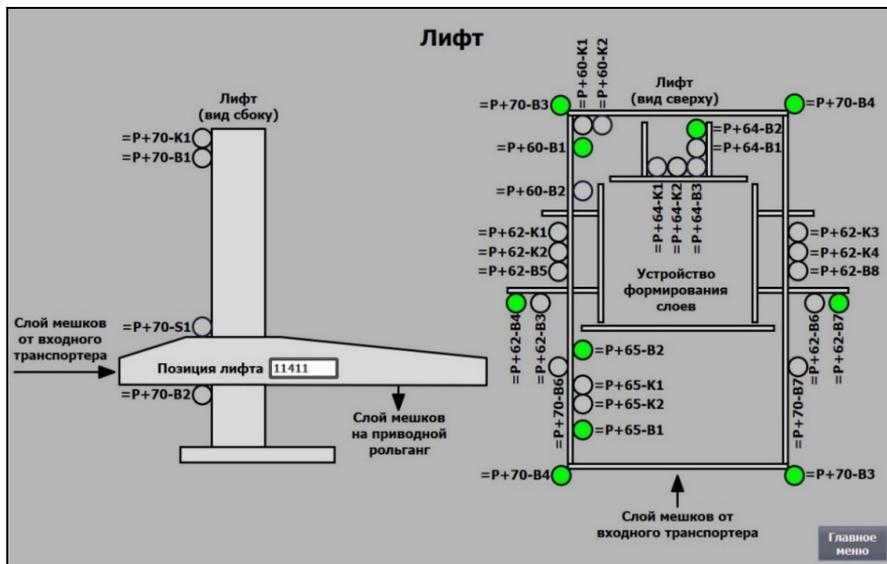


Рис. 10. Экран интерфейса «Лифт» в TIA Portal

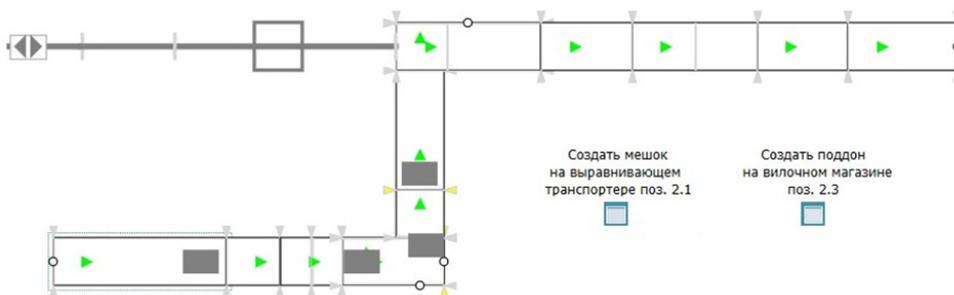


Рис. 11. Запущенная модель пакетоформирующей машины

Проект SIMIT, в котором реализована модель, связан с проектом TIA Portal через симулятор ПЛК PLCSIM. Все дискретные входы и выходы из проекта TIA Portal связаны с дискретными выходами и входами из проекта SIMIT соответственно (рис. 12).

Тестирование алгоритмов управления АСУ ТП поз. 2.5. Путем имитации работы пакетоформирующей машины проведено тестирование алгоритмов управления, реализованных в среде программирования TIA Portal. Процесс тестирования представлен на рис. 13. Полученные результаты моделирования свидетельствуют о работоспособности созданного программного обеспечения АСУ ТП поз. 2.5.



Рис. 12. Фрагмент конфигурации связи между выходами из проекта SIMATIC с входами из проекта TIA Portal

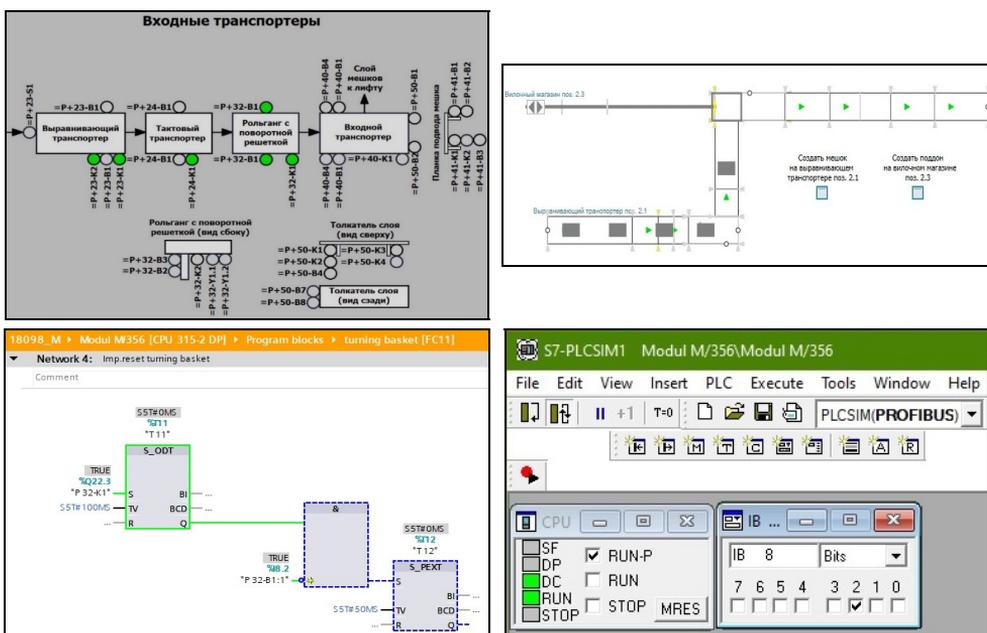


Рис. 13. Процесс тестирования алгоритмов управления

Заключение. В результате модернизации АСУ ТП поз. 2.5 подобраны современные аналоги панели оператора, ПЛК и сигнальных модулей, разработана булева модель операций узлов пакетформирующей машины, реализована модель логического управления средствами среды программирования панели оператора и ПЛК TIA Portal и реализована модель пакетформирующей машины в вычислительном эксперименте с динамизацией отображения операций ее узлов инструментами среды моделирования SIMATIC.

Тестирование разработанных алгоритмов управления АСУ ТП поз. 2.5 показало их работоспособность.

Изложенные методы адаптации программного обеспечения системы управления к современным техническим средствам и его тестирования при помощи имитационной модели в программной среде SIMATIC применимы и для системы управления поз. 3.6.

Составленные для алгоритмов управления таблицы с описанием меркеров, дискретных входов и выходов предназначены для использования при замене ПЛК S7-300 на ПЛК S7-1500 и коммуникационный процессор CP 1542-5.

Список литературы

1. Горбатов В.А., Крылов А.В., Федоров Н.В. САПР систем логического управления. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 232 с.
2. Шалыто А.А. Switch-технология. Алгоритмизация и программирование задач логического управления. – СПб.: Наука, 1998. – 627 с.
3. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 165 с.
4. Водовозов А.М. Микроконтроллеры для систем автоматики: учеб. пособие. – Изд. 3-е, доп. и перераб. – М.: Инфра-Инженерия, 2016. – 164 с.
5. Волков М.А., Постыляков А.Ю., Исаков Д.В. Управление техническими и технологическими системами: учеб. пособие. – М.: Инфра-Инженерия, 2022. – 252 с.
6. Нестеров К.Е., Зюзев А.М. Программирование промышленных контроллеров: учеб.-метод. пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. – 96 с.
7. Деменков Н.П. Языки программирования контроллеров: учеб. пособие / под ред. К.А. Пупкова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 172 с.
8. SIEMENS. Products & Services. SIMATIC S7-300 [Электронный ресурс]. – URL: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/simatic-s7-300.html> (дата обращения: 29.03.2022).
9. Industry Online Support. Technical Forum [Электронный ресурс]. – URL: <https://support.industry.siemens.com> (дата обращения: 25.03.2022).
10. Федоров Ю.Н. Порядок создания, модернизации и сопровождения АСУТП. – М.: Инфра-Инженерия, 2011. – 576 с.
11. Ицкович Э.Л. Методы рациональной автоматизации производства. – М.: Инфра-Инженерия, 2009. – 256 с.
12. Пискажова Т.В., Донцова Т.В., Даныкина Г.Б. Математическое моделирование объектов и систем управления: учеб. пособие / Сиб. федер. ун-т. – Красноярск, 2020. – 230 с.
13. Лагерев А.В., Толкачев Е.Н., Гончаров К.А. Моделирование рабочих процессов и проектирование многоприводных ленточных конвейеров: монография. – Брянск, 2017. – 384 с.
14. Шишов О.В. Современные средства АСУ ТП: учеб. – М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 532 с.
15. Иванов В.Э., Чье Еи Ун. Разработка АСУТП в среде WinCC: учеб. пособие. – М.; Вологда: Инфра-инженерия, 2019. – 232 с.

References

1. Gorbatov V.A., Krylov A.V., Fedorov N.V. SAPR sistem logicheskogo upravleniia [CAD for logic control systems]. Moscow, Energoatomizdat, 1988, 232 p.
2. Shalyto A.A. Switch-tekhnologiya. Algoritmizatsiya i programmirovaniye zadach logicheskogo upravleniia [Switch technology. Algorithmization and programming of logical control tasks]. Saint Petersburg, Nauka, 1998, 627 p.
3. Zade L.A. Poniatie lingvisticheskoi peremennoi i ego primeneniye k priniatiyu priblizhennykh reshenii [The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning]. Moscow, Mir, 1976, 165 p.
4. Vodovozov A.M. Mikrokontrollery dlia sistem avtomatiki [Microcontrollers for automation systems]. 3rd ed. Moscow, Infra-Inzheneriya, 2016, 164 p.
5. Volkov M.A. Postyliakov A.Iu., Isakov D.V. Upravlenie tekhnicheskimi i tekhnologicheskimi sistemami [Control of technical and technological systems]. Moscow, Infra-Inzheneriya, 2022, 252 p.
6. Nesterov K.E., Zjuzev. A.M. Programmirovaniye promyshlennykh controllerov [Industrial controller programming]. Ekaterinburg, Ural'skij federal'nyj universitet, 2019, 96 p.
7. Demenkov N.P. Jazyki programmirovaniya kontrollerov [Controller programming languages]. Ed. Pupkov K.A. Moscow, Bauman Moscow State Technical University, 2004, 172 p.
8. SIEMENS. Products & Services. SIMATIC S7-300, available at: [https://support.industry.siemens.com/cs/document/19962184/service-pack-3-for-version-6-0-of-simatic-protcol-lite-protcol-protcol-pro-and-proagent-is-available-now-\(delivery-release\)?dti=0&lc=en-WW](https://support.industry.siemens.com/cs/document/19962184/service-pack-3-for-version-6-0-of-simatic-protcol-lite-protcol-protcol-pro-and-proagent-is-available-now-(delivery-release)?dti=0&lc=en-WW) (accessed 29 March 2022).
9. Industry Online Support. Technical Forum, available at: <https://support.industry.siemens.com> (accessed 25 March 2022).
10. Fedorov Ju.N. Porjadok sozdaniya, modernizacii i soprovozhdeniya ASUTP [The procedure for the creation, modernization and maintenance of process control systems]. Moscow, Infra-Inzheneriya, 2011, 576 p.
11. Itskovich E.L. Metody ratsional'noi avtomatizatsii proizvodstva [Methods of rational production automation]. Moscow, Infra-Inzheneriya, 2009, 256 p.
12. Piskazhova T.V., Doncova T.V., Danykina G.B. Matematicheskoe modelirovaniye ob'ektov i sistem upravleniya [Mathematical modeling of objects and control systems]. Krasnoiarsk, Sibirskii federal'nyi universitet, 2020, 230 p.
13. Lagerev A.V. Tolkachev E.N., Goncharov K.A. Modelirovaniye rabochih processov i proektirovaniye mnogoprivodnykh lentochnykh konvejerov [Simulation of workflows and design of multi-drive belt conveyors]. Brjansk, Brjanskij gosudarstvennyj universitet, 2017, 384 p.
14. Shishov O. V. Sovremennye sredstva ASU TP [Modern devices of process control systems]. Moscow, Vologda, Infra-Inzheneriya, 2021, 532 p.

15. Ivanov V.E., Ch'e Ei Un. Razrabotka ASUTP v srede WinCC [Development of process control systems in the WinCC environment]. Moscow, Vologda, Infra-inzheneriia, 2019, 232 p.

Об авторах

Исламов Рустам Рашидович (Пермь, Россия) – магистрант кафедры «Оборудование и автоматизация химических производств» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: islamov.rustam.r@yandex.ru).

Шумихин Александр Георгиевич (Пермь, Россия) – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Оборудование и автоматизация химических производств» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: atp@pstu.ru).

About the authors

Rustam R. Islamov (Perm, Russian Federation) – Undergraduate Student of Department of Equipment and Automation of Chemical Production, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, e-mail: islamov.rustam.r@yandex.ru).

Aleksandr G. Shumikhin (Perm, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor Department of Equipment and Automation of Chemical Production, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, e-mail: atp@pstu.ru).

Поступила: 29.06.2022

Одобрена: 29.07.2022

Принята к публикации: 20.09.2022

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов равноценен.

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Исламов, Р.Р. Адаптация системы управления пакетоформирующей машиной фирмы Möllers к современным средствам автоматизации SIMATIC // Вестник ПНИПУ. Химическая технология и биотехнология. – 2022. – № 3. – С. 102–119.

Please cite this article in English as:

Islamov R.R., Shumikhin A.G. Adaptation the system of program-logical control of the bag-forming machine f. «Möllers» to modern SIMATIC automation tools. *Bulletin of PNRPU. Chemical Technology and Biotechnology*, 2022, no. 3, pp. 102-119 (*In Russ*).