



<http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2025-31-1-60-70>

УДК 004.896:637.1

АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМИ РОБОТАМИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ, ВКЛЮЧАЯ ПРОЦЕССЫ СЕРИАЛИЗАЦИИ И АГРЕГАЦИИ ПРОДУКЦИИ

Я. С. ГУРСКАЯ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(Минск, Республика Беларусь)*

Аннотация. Нововведения в системе обязательной маркировки товаров различных категорий требуют внесения изменений в устоявшиеся производственные процессы. Ежегодно наблюдается рост количества установленных роботизированных систем. Проводятся исследования в области робототехники по новым направлениям. Производственные процессы модернизируются с учетом требований по наличию сериализации и агрегации. В статье приведены детальный анализ и общая схема технологического процесса изготовления продуктов питания молочной промышленности. Рассмотрены производства с применением роботов и обязательным наличием модуля маркировки в процессе выпуска продукции. Детально описаны этапы, связанные с сериализацией и агрегацией групповой тары (коробов/поддонов). Приведены объяснения к разработанным схемам алгоритмов управления, которые иллюстрируют последовательность действий промышленных роботов, необходимых для выполнения операций по сериализации и агрегации.

Ключевые слова: алгоритмы управления промышленными роботами, пищевое производство, маркировка товаров, агрегация, сериализация.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования. Гурская, Я. С. Алгоритмы управления промышленными роботами в производстве продуктов питания, включая процессы сериализации и агрегации продукции / Я. С. Гурская // Цифровая трансформация. 2025. Т. 31, № 1. С. 60–70. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2025-31-1-60-70>.

ALGORITHMS FOR CONTROLLING INDUSTRIAL ROBOTS IN FOOD PRODUCTION, INCLUDING THE PROCESSES OF SERIALIZATION AND AGGREGATION OF PRODUCTS

YANA S. HURSKAYA

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. Innovations in the system of mandatory labeling of goods of various categories require changes in established production processes. Every year, there is an increase in the number of installed robotic systems. Research in the field of robotics is carried out in new areas. Production processes are modernized taking into account the requirements for serialization and aggregation. The article provides a detailed analysis and a general diagram of the technological process of manufacturing food products in the dairy industry. Production using robots and the mandatory presence of a labeling module in the process of product release are considered. The stages associated with the serialization and aggregation of group containers (boxes/pallets) are described in detail. Explanations are given for the developed control algorithm diagrams that illustrate the sequence of actions of industrial robots necessary to perform serialization and aggregation operations.

Keywords: industrial robot control algorithms, food production, product labeling, aggregation, serialization.

Conflict of interests. The author declares no conflict of interests.

For citation. Hurskaya Y. S. (2025) Algorithms for Controlling Industrial Robots in Food Production, Including the Processes of Serialization and Aggregation of Products. *Digital Transformation*. 31 (1), 60–70. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2025-31-1-60-70> (in Russian).

Введение

Алгоритмы управления промышленными роботами разрабатываются с учетом специфических требований каждого вида производства. В зависимости от поставленных задач, а также с учетом возможных ограничений и особенностей технологических процессов формируются алгоритмы функционирования отдельных звеньев производственных линий. В большинстве случаев возникают ситуации, когда необходимо взаимодействовать с системами, стабильно функционирующими в течение продолжительного времени, однако требующими модернизации в связи с внедрением новых технологий. В частности, несколько лет назад в Республике Беларусь был принят указ, обязывающий производителей товаров различных категорий осуществлять маркировку выпускаемой продукции [1]. Обязательная маркировка товаров – внедренная государством система для мониторинга движения каждого товара и выявления контрафакта посредством нанесения цифровых средств идентификации, запрета оборота без идентификаторов и передачи сведений бизнесом о движении товара [2].

Сериализация – присвоение индивидуального случайного номера, позволяющего обеспечить полный контроль передвижения конкретной единицы товара.

Агрегация – объединение экземпляров готовой продукции в групповую упаковку, как правило, гофрокороба, палеты со штрихкодом стандарта GS1 [3].

Задача научного исследования автора статьи – разработать алгоритмы управления промышленными роботами различных типов на этапах укладки продукции в короба с соблюдением требований по наличию модуля маркировки и выполнения операций сериализации, агрегации. Система управления промышленным роботом, оснащенная модулем маркировки, представляет собой интегрированный робототехнический комплекс, предназначенный для осуществления перемещения единиц готовой продукции от выхода производственной линии к упаковочным коробам и поддонам. В процессе данной операции выполняются процедуры сериализации и агрегации продукции.

Виды роботов

Перемещение и укладка готовой продукции в короба может осуществляться транспортными роботами различных типов, оснащенными захватными устройствами. К таким роботам относятся коллаборативные и фиксированные роботы (SCARA- и дельта-роботы, шарнирные роботы).

Роботы, выполняющие захват и перемещение грузов, отличаются высокой точностью позиционирования, поддержкой сложной траектории перемещения с возможностью выполнять остановки и вращения грузов в нескольких плоскостях (в зависимости от вида робота). Движения манипулятора в различных направлениях позволяют эффективно использовать транспортного робота в системах, где предусмотрены внедрение модуля маркировки, процессы агрегации и сериализации. Модуль маркировки предполагает наличие нескольких камер технического зрения/сканеров штрихкодов, для эффективного функционирования которых важен угол фотографирования продукта, попавшего в рабочую область камеры.

Манипуляторы, установленные на различных моделях транспортных роботов, имеют визуальные отличия, однако их функциональная задача остается одинаковой – захват груза, перемещение его от начальной точки к конечной по заданной траектории, возможность переориентации продукта в пространстве удобным способом и осуществление остановки в процессе транспортировки. Алгоритм работы для различных типов транспортных роботов, оснащенных захватными механизмами, имеет схожую структуру. Поэтому целесообразно разработать единый алгоритм управления для таких роботов.

Конфигурация системы управления промышленным роботом с наличием модуля маркировки представлена непосредственно роботом, контроллером робота, программируемым логическим контроллером (ПЛК), терминалом управления, промышленным компьютером, программатором, системой технического зрения, обособленными сканерами штрихкодов, ведущими устройствами различных типов (Profibus, DeviceNet), печатным оборудованием (принтеры этикеток и единичных кодов, аппликаторы). В системе в качестве устройств ввода/вывода информации выступают промышленный компьютер и терминал управления. Первый представляет собой аналог стандартного персонального компьютера с более высокими показателями производительности, степенью

защиты, скоростью обработки данных. В отличие от терминала управления, промышленный компьютер позволяет запустить на одном устройстве и отобразить на экране несколько программ одновременно: программу учета продукции (типа и характеристики продукции, отчеты о маркировке, коды маркировки для собственной печати на производстве), программу непосредственной маркировки продукции (печать и нанесение элементов маркировки, считывание кодов, сериализация, агрегация, печать этикеток), программу для обмена отчетами между локальной системой предприятия и оператором системы маркировки, программу расширенного управления роботом и др. Терминал управления отображает только фиксированные окна для действий с роботом: стартовое окно режимов робота, окно настроек параметров робота, журнал ошибок, аварийные кнопки старт/стоп.

Система управления промышленными роботами объединяет несколько управляющих программ: программу контроллера управления – ПЛК, программу контроллера робота, программу маркировки. ПЛК отвечает за корректную передачу сигналов между принимающими устройствами (датчиками) и устройствами, ожидающими управляющий сигнал. Робот, принтер, аппликатор, приводной механизм лопатки делителя на конвейере – каждое из этих устройств может ожидать сигнал управления. Программа контроллера робота, в свою очередь, выполняет задачи по отдельно разработанной программе (непосредственное управление роботом), передает и согласует сигналы только между элементами робота. Связь с программируемым контроллером системы маркировки осуществляется лишь по заранее выделенным, фиксированным входам/выходам. Программа маркировки – программа верхнего уровня, имеет сложный графический интерфейс, визуально понятный пользователю (оператору, мастеру цеха), выступает в качестве источника задающих сигналов для робота, системы технического зрения, печатного оборудования.

Алгоритмы управления промышленными роботами

В процессе проведенного исследования с учетом информации о практических примерах производственных линий разработаны алгоритмы управления промышленными роботами на предприятиях по выпуску пищевой продукции при наличии процессов сериализации и агрегации. Были выполнены следующие задачи.

Анализ технологического процесса производства и упаковки молочной продукции, выбор транспортного робота подходящего типа для упаковки различных групп молочных товаров. Процесс производства молочных продуктов состоит из отдельных технологических операций. В исследовании уделялось внимание процессам, связанным с упаковкой и маркировкой готовой продукции: упаковка товара, нанесение унифицированного контрольного знака (кода маркировки), проверка кода (качество печати, актуальность кода), агрегация продукции в короба и поддоны, формирование отчета о нанесении кодов маркировки. Общий вид технологического процесса производства, упаковки и маркировки товаров молочной промышленности представлен на рис. 1.

В зависимости от производимой группы молочных продуктов различаются методы упаковки единицы товаров, агрегации штучной продукции в короба и в дальнейшем – сбор коробов в поддоны. Руководствуясь требованиями производственных процессов, подбираются подходящие типы роботов для работы на соответствующих линиях. Так, коллаборативный робот применим на линиях, где отсутствует конструктивная возможность близкого расположения готовой продукции и коробов для упаковки. Радиус рабочей зоны робота – от 700 до 900 мм, количество узлов – 6 шт., угол поворота шарниров варьируется от 180° до 360° в нескольких плоскостях, скорость поступления готовой продукции невысокая – до 10 шт./мин [4]. Перечисленные показатели позволяют коллаборативному роботу перемещать готовую продукцию по сложной траектории, выполняя промежуточные шаги для сканирования штрихкодов, поворачивать продукцию в нескольких плоскостях для доступа к коду маркировки (например, если код маркировки на готовой продукции располагается на нижней части упаковки, на дне). На заключительном этапе робот может складывать отсканированную продукцию в короба, удаленные на некоторое расстояние от исходной точки выхода готовых товаров.

SCARA-робот устанавливают на линии с более высокой производительностью, по сравнению с линиями, где размещен коллаборативный робот. Короба и готовая продукция расположены на малом расстоянии друг от друга, код маркировки нанесен на готовую продукцию всегда в фиксированном месте (на боковую часть упаковки) и доступен для сканирования.

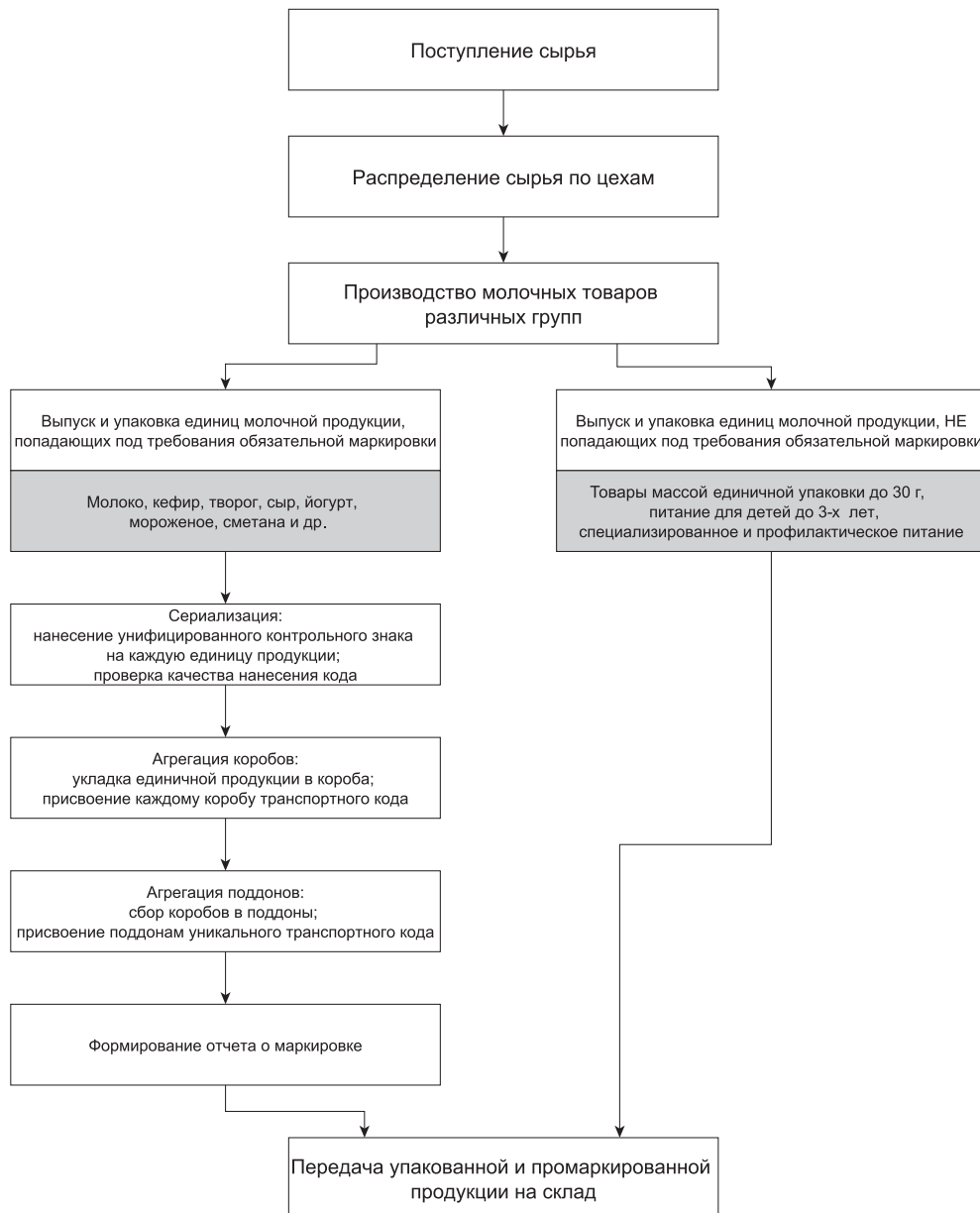


Рис. 1. Технологический процесс производства, упаковки и маркировки товаров молочной промышленности

Fig. 1. Technological process of production, packaging and labeling of dairy products

Радиус действия робота в зависимости от модели – от 120 до 1200 мм, количество узлов – 4 шт., угол поворота шарниров: ось X – $\pm 132^\circ$, ось Y – $\pm 150^\circ$, ось R – $\pm 360^\circ$, подъемный штек (манипулятор) движется по вертикальной оси, скорость поступления готовой продукции – до 40 шт./мин [5].

Дельта-робот – это манипулятор, у которого выходное звено имеет три поступательные степени свободы. Рабочее звено у него соединено с неподвижным основанием тремя независимыми кинематическими цепями. Высокая скорость манипулирования дельта-робота достигается за счет расположения тяжелых приводов на неподвижном основании, а также исполнения подвижных звеньев механизма из легких материалов (зачастую композитных). Дельта-роботы устанавливаются на линиях, где предполагается автоматическая упаковка продукции в короба специальными машинами. Рабочий диапазон манипулятора в зависимости от модели – от 800 до 1500 мм, грузоподъемность – от 3 до 35 кг, что позволяет роботу беспрепятственно перемещать собранные короба с продукцией из зоны маркировки в зону палет.

Построение конфигурации системы управления роботом с взаимным расположением элементов системы согласно наличию модуля маркировки. Системы технического зрения (камеры)

и сканеры штрихкодов являются центральными элементами модуля маркировки. Унифицированные контрольные знаки (коды маркировки) поступают в систему маркировки для дальнейшей обработки после выполнения ряда фотографий камерами технического зрения и сканерами штрихкодов. Качество снимка и скорость фотографирования во многом зависят от внешних факторов: освещения, цвета упаковки, достаточного фокусного расстояния, эргономичного расположения оборудования, защиты от пыли/влаги и др. При проектировании системы решается задача оптимального расположения оборудования для достижения максимально высоких показателей качества печати. Система технического зрения, выполняющая функцию выявления соответствия между типами заданной продукции и произведенной на линии, устанавливается непосредственно после участка по изготовлению готовой продукции. Конвейер, по которому осуществляется перемещение готовых изделий, соединяется с рабочей зоной модуля маркировки. При установке камер соблюдаются требования по защите от пыли и влаги.

Сканер штрихкодов, предназначенный для учета унифицированных контрольных знаков, следует размещать в непосредственной близости к зоне упаковки продукции. Процесс работы требует, чтобы каждая единица продукции была поднесена к сканеру штрихкодов. Данное устройство выполняет фотографирование кода маркировки на продукции, в результате чего полученные данные сохраняются в системе маркировки. Важно учитывать, что сканер штрихкодов должен находиться в пределах досягаемости промышленного робота, при этом требуется обеспечить достаточную яркость освещения и исключить риск повреждения сканера подвижными элементами робота.

Изучение программного обеспечения для приема и обработки кодов маркировки, согласование работы программы промышленного робота. Программное обеспечение модуля маркировки представлено несколькими отдельными программами, где каждая отвечает за определенные функции:

- хранение данных о продуктах, работа с отчетами, учет кодов маркировки;
- общие настройки линии, выбор конфигурации, количества и вида подключенных периферийных устройств, настройка доступа к сетевым папкам для обмена отчетами;
- работа непосредственно на производственном участке – прием кодов маркировки (сериализация), формирование коробов и поддонов (агрегация), печать этикеток короба/поддона (при соответствующих настройках), ручные функции (агрегация, разагрегация, повторная печать, удаление).

Параметры в каждой программе могут изменяться, при этом алгоритм управления роботом подстраивается под параметры и гарантирует корректную работу при любых настройках модуля маркировки.

Практическая реализация алгоритмов управления роботами

Алгоритмы управления промышленными роботами на пищевых производствах с модулем маркировки предусматривают наличие однотипных шагов, отвечающих непосредственно за процессы сериализации и агрегации. Рассмотрим практическую реализацию алгоритмов управления роботами в технологических процессах. Так, герметичные упаковки с готовой единичной продукцией после выхода из предшествующей части производственной линии попадают на конвейер, по которому перемещаются в зону маркировки к позиции взятия их роботом. Перед началом цикла работа выполняется проверка наличия пустой тары для укладки продукции в короба, а также соответствия типу пришедшей по конвейеру готовой продукции и данных, указанных в программе маркировки. При успешных результатах проверки соответствия параметрам осуществляется процесс сериализации, алгоритм которого представлен на рис. 2.

Нанесение унифицированного контрольного знака на единичную продукцию может выполняться на разных этапах производства: код наносится на упаковку продукции типографским методом, т. е. упаковка поступила на завод уже с напечатанными кодами; код наносится на упаковку термотрансферным принтером непосредственно перед упаковкой продукции; аппликатор/принтер-аппликатор наносит этикетки с кодами на продукцию после упаковки. Алгоритм управления роботом для процесса сериализации может включать этапы, связанные с нанесением унифицированного контрольного знака только в случае использования на линии аппликатора/принтера-аппликатора.

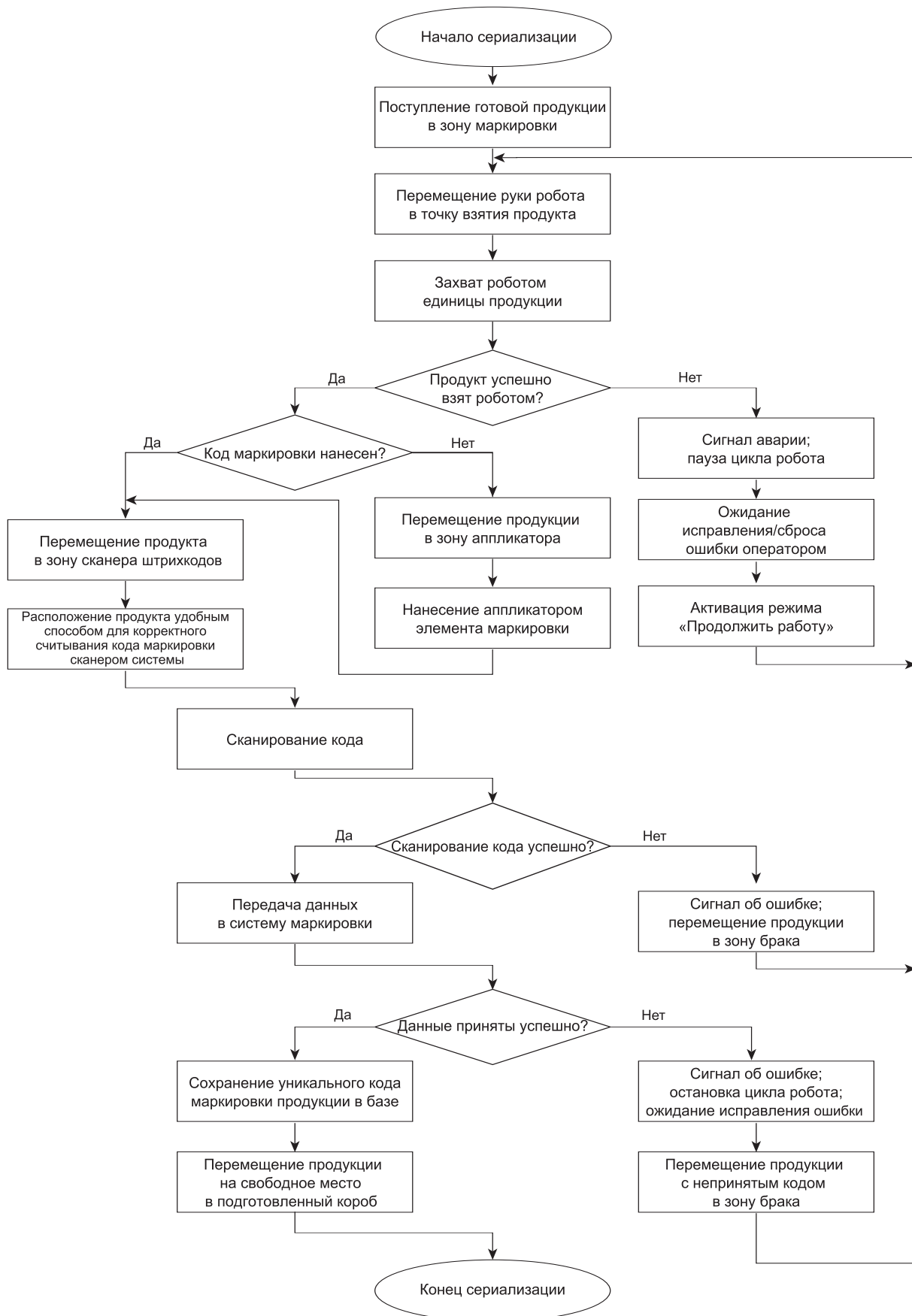


Рис. 2. Алгоритм процесса сериализации продукции
Fig. 2. Algorithm of the product serialization process

Робот при помощи захватов специального типа берет единицу готовой продукции с позиции взятия, подносит ее к позиции аппликации, где производится наклейка этикетки с кодом маркировки. Затем робот перемещает промаркированный товар мимо сканера штрихкодов к позиции наполнения короба. Сканер штрихкодов осуществляет сканирование кода и определение класса качества печати. Если сканирование кода произошло неудачно, либо код не соответствует номеру партии (или иным заданным характеристикам), продукция помещается на позицию брака. В случае удачного сканирования и соответствия кода всем заданным характеристикам продукция опускается в короб на свободное место, а отсканированный код маркировки записывается в базу данных. Подвижный механизм рука робота направляется к позиции взятия за следующей единицей продукции.

Цикл нанесения и проверки кода маркировки, укладки готовой продукции в короб повторяется до условия наполнения короба нужным количеством единичной продукции. Алгоритм агрегации продукции в короба приведен на рис. 3.

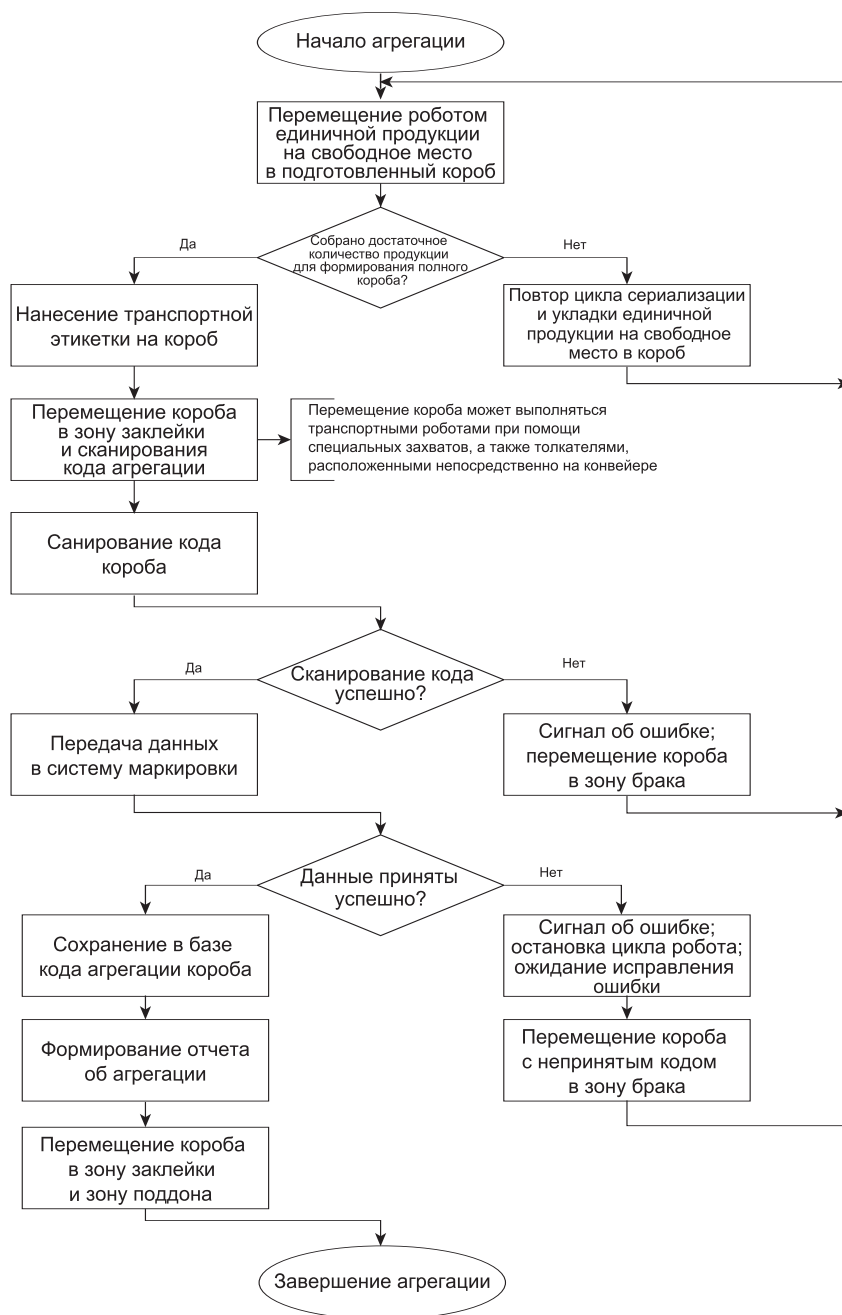


Рис. 3. Алгоритм агрегации продукции в короба
Fig. 3. The algorithm of aggregation of products into boxes

Когда завершается сбор короба, происходит сохранение в базе данных системы маркировки всех отсканированных кодов единичной продукции и присвоение кода агрегации. Код агрегации короба (транспортный код) может генерироваться и печататься системой маркировки, либо принимается сторонний код. После нанесения на короб этикетки с транспортным кодом сканер штрихкодов считывает код и заносит его в базу данных, сохраняя информацию о всех единичных кодах маркировки, входящих в состав короба.

Подача пустых упаковочных коробов в рабочую зону осуществляется автоматически транспортером либо в зависимости от оснащения линии вторым роботом, отвечающим за перемещение заполненных коробов. Когда короб на рабочей позиции полностью заполнится готовой продукцией, транспортер автоматически вытолкнет его вбок и затолкнет на освободившееся место пустой короб. Или второй робот возьмет короб, переместит в зону заклейки и сканирования кода агрегации, затем разместит его на поддоне, а после укладки заполненного короба на поддон переместит пустой короб на заданное место.

Процесс агрегации коробов в поддоны происходит схожим образом с процессом агрегации продукции в короба. Агрегационный код короба выступает аналогом унифицированного контрольного знака единичной продукции. Транспортный код поддона (код агрегации поддона) формируется на основе информации о коробах, входящих в поддон. После завершения сбора поддона последнему присваивается код агрегации, сканер считывает сформированный код, в систему маркировки поступает информация о всех собранных поддонах, коробах и вложенной продукции. Формируется отчет о маркировке, который в дальнейшем отправляется оператору маркировки.

Разработанные алгоритмы управления промышленными роботами могут быть реализованы на оборудовании различных производителей. Описанная в статье система состоит из оборудования производства OMRON. Программное обеспечение верхнего уровня реализовано при помощи языка программирования C# с использованием базы данных SQL. Управляющая программа коллаборативного робота разработана при помощи программного обеспечения TMFlow и некоторых индивидуальных модулей, написанных на языке программирования Python. В качестве среды разработки для SCARA-робота выступало программное обеспечение ACE (Automation Control Environment).

Преимущества разработанных алгоритмов управления роботами

Разработанные алгоритмы управления промышленными роботами в первую очередь ориентированы на применение в производственных процессах, требующих соблюдения этапов сериализации и агрегации продукции. Новизна алгоритмов заключается в их способности обеспечивать использование промышленных роботов на производствах продуктов питания при строгом соблюдении процессов маркировки, рассмотренных в статье. Несмотря на то что промышленные роботы уже длительное время применяются для выполнения различных операций, таких как упаковка продукции, укладка в групповую тару и транспортировка, многие предприятия не предусматривают этапы сериализации и агрегации в своих процессах.

Разработчик и интегратор программно-аппаратных комплексов для решения задач прослеживаемости, автоматической идентификации и маркировки на промышленных предприятиях компания ID-RUSSIA, описывая возможный алгоритм агрегации, указывает на то, что наиболее трудоемкий процесс агрегации – это учет кодов маркировки товаров, которые в дальнейшем будут собраны в групповую или транспортную тару. Как правило, заранее нельзя определить, в каком порядке и в какие именно короба будет собрана готовая продукция на производственной линии. Поэтому перед агрегацией необходимо считать и запомнить коды маркировки единичного товара, что можно сделать до агрегации или непосредственно после нее, считав коды единичной продукции сразу со всех товаров упаковки. Последний способ проще, но при этом продукция в упаковке должна позволять считывание кода с каждого ее элемента. Однако такое невозможно при нанесении кода на боковую поверхность упаковки товара – он будет перекрыт или соседними упаковками, или материалом короба. Поэтому при выборе способа печати и места нанесения кода маркировки важно учитывать способ ее дальнейшей агрегации [6].

Рассматриваемые алгоритмы управления промышленными роботами предусматривают сканирование кодов маркировки единичной продукции до этапа агрегации, при этом метод нанесения унифицированных контрольных знаков может варьироваться так же, как и расположение

кодов маркировки на упаковке. Существует несколько методов нанесения унифицированных контрольных знаков. Во-первых, прямая печать кодов маркировки на продукции непосредственно в процессе производства и упаковки. Данная методика предполагает использование принтера, установленного на производственной линии, который наносит унифицированные контрольные знаки на продукт до зоны действия робота. Во-вторых, можно использовать принтер-аппликатор для нанесения кодов маркировки в области работы робота, где упакованный продукт, не имеющий унифицированных контрольных знаков, поступает в зону функционирования манипулятора. Алгоритм управления роботом обеспечивает проверку наличия маркировки, и при необходимости принтер-аппликатор наносит коды. В-третьих, существует предварительная печать кодов маркировки на типографском оборудовании, где унифицированные контрольные знаки наносятся на упаковку заранее, что исключает возможность их нанесения непосредственно на заводе-изготовителе. В данном случае процесс сканирования унифицированных контрольных знаков аналогичен сканированию, осуществляемому после прямой печати на этапе производства. Однако такой метод ограничен отсутствием возможности оперативного изменения данных на упаковке и модификации видов кодов маркировки по мере необходимости.

В соответствии с функционированием алгоритма управления промышленными роботами процесс сканирования кода маркировки на единичной продукции осуществляется с помощью манипулятора робота, который переориентирует продукт таким образом, чтобы его подходящая сторона с нанесенным кодом маркировки была направлена к сканеру штрихкодов. Данный подход позволяет наносить унифицированные контрольные знаки в любом удобном месте упаковки.

Компания ID-RUSSIA обращает внимание, что при групповом считывании важно понимать, каким образом будет решаться задача контроля и валидации нанесенных кодов маркировки. Если эту операцию выполнять после агрегации, то отбраковку товаров с нечитаемыми кодами (брак печати или нанесения) возможно произвести только вместе со всем содержимым упаковки. Проверка качества печати кодов маркировки – важный этап, поскольку нельзя производить дальнейшие операции с нечитаемым кодом маркировки. Поэтому валидацию и отбраковку нечитаемых кодов технологически проще выполнять до агрегирования товаров, например, сразу после нанесения кода маркировки на продукцию [6].

Представленные в статье алгоритмы управления предполагают проверку качества печати и нанесения кодов маркировки на единичную продукцию и отбраковку некачественных экземпляров до этапа агрегации, что позволяет значительно сократить расходы на перегруппировку и повторную агрегацию хорошей продукции, которая была отбракована «групповым методом считывания». Помимо перечисленных особенностей алгоритмов управления промышленными роботами, можно выделить и другие их преимущества.

1. Несложная интеграция в существующие готовые решения технологических процессов, которые долгое время функционировали по установленным схемам. Последовательность действия промышленных роботов не нарушает привычный ход работы производственных линий, а выступает в качестве дополнительного элемента при выпуске продукции. Внедрение системы управления промышленными роботами, включая процессы сериализации и агрегации продукции, осуществляется на завершающем этапе производственного цикла, когда единичная продукция полностью готова к дальнейшей упаковке в групповую тару и транспортировке к конечному потребителю.

2. Высокая степень адаптивности и применимости для производственных предприятий, занимающихся выпуском разнообразной продукции, включая легкие и хрупкие чипсы, объемные и относительно тяжелые упаковки с соками и бутилированной водой, молочные изделия, такие как сыры, йогурты, молоко, творожные массы. Алгоритмы учитывают особенности производства разного типа продукции, что исключает необходимость создания полностью индивидуализированных алгоритмов для каждого отдельного предприятия, тем самым способствуя сокращению временных затрат на установку и наладку системы. Индивидуальные характеристики производств связаны с различиями в габаритах продукции и групповой упаковки, методах нанесения и расположения кодов маркировки, весе готовой продукции, цвете упаковки, скорости упаковки и в наличии достаточных свободных пространств для размещения системы. Решение указанных нюансов может быть достигнуто посредством грамотного подбора дополнительных аксессуаров для робота вместо разработки новых или изменения существующих алгоритмов управления.

Важно провести выбор подходящего типа робота с учетом его грузоподъемности, уточнить рабочую зону устройства, определить скорость перемещения манипулятора и выбрать соответствующий захватный механизм.

3. Предоставляют возможность одновременной работы с несколькими типами кодов. В частности, двумерный код DataMatrix служит для идентификации единичной продукции и считывается с помощью сканеров штрихкодов или камер технического зрения на этапе сериализации. Линейные коды GS1-128, в свою очередь, наносятся на групповую упаковку (короба и поддоны) и также считываются с использованием камер технического зрения или сканеров штрихкодов, но уже на этапе агрегации. Таким образом, алгоритм управления эффективно применяет различные типы кодов, не требуя разработки отдельных систем управления для робототехнических установок.

4. Формирование отчета с данными об успешно агрегированной продукции при агрегации продукции в групповую упаковку. Алгоритм сериализации предусматривает создание промежуточного отчета о сериализации, данные которого в дальнейшем используются для формирования полного отчета об агрегации. На этапе сериализации информация о продукции, которая успешно промаркирована и принята системой для дальнейшей обработки, поступает в систему управления роботом через камеры технического зрения или сканеры штрихкодов. Промежуточный отчет о сериализации сохраняется в системе управления до формирования окончательного отчета об агрегации. Отчет об агрегации содержит информацию о всех кодах единичной продукции и кодах коробов, в которые данная единичная продукция упаковывалась. При наличии на производственной линии упаковки в палеты отчет об агрегации также содержит информацию о кодах палет с указанием кодов вложенных коробов.

Заключение

1. Представлен технологический процесс производства, упаковки, маркировки товаров молочной продукции (рис. 1), разработаны алгоритмы управления промышленными роботами (рис. 2, 3) на предприятиях по выпуску молочной продукции. Данные получены на основе опыта, приобретенного во время выполнения практических задач по внедрению системы маркировки при соблюдении требований использования промышленных роботов.

2. Алгоритмы управления промышленными роботами могут применяться и адаптироваться под производства пищевой промышленности всевозможных конфигураций с обязательным наличием модуля маркировки. Для реализации алгоритмов используется различное программное обеспечение в зависимости от производителя, марки, серии выпуска робота.

3. Приведенный модуль маркировки является обособленным программным продуктом, системой, которую можно несложно интегрировать в существующие рабочие решения на производствах. Существует ряд требований для корректного и качественного внедрения модуля маркировки, основные на которых относятся к размещению и настройке систем технического зрения, камер и сканеров штрихкодов.

4. Рассмотрены несколько типов транспортных роботов с наличием захватного устройства: коллаборативные и фиксированные (SCARA- и дельта-роботы, шарнирные роботы). Алгоритм управления применим для каждого робота, так как описывает шаги, относящиеся непосредственно к модулю маркировки, без учета особенностей проектирования разных промышленных роботов.

Список литературы

1. О маркировке товаров: Указ Президента Республики Беларусь от 6 января 2021 г. № 9 // Национальный правовой интернет-портал Республики Беларусь, 07.01.2021, 1/19446.
2. Обязательная маркировка товаров на 2025 год [Электронный ресурс] / GETMARK.ru. Mode of access: <https://getmark.ru/blog/o-markirovke/obyazatel'naya-markirovka-tovarov-kod-pravila-ehrapy-sroki/>. Date of access: 10.07.2023.
3. Сериализация и агрегация [Электронный ресурс] / VIDEOJET.ru. Mode of access: <https://www.videojet.ru/ru/homepage/resources/faqs/serialization-and-agregation.html/>. Date of access: 15.07.2023.
4. Спецификация по продукции «Роботы SCARA» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://baltacom.com/catalog/robototekhnika/kollaborativnye-roboty/>. Дата доступа: 15.07.2023.
5. Спецификация по продукции «Коллаборативные роботы ТМ5». Baltacom.com [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://baltacom.com/catalog/robototekhnika/scara/>. Дата доступа: 15.07.2023.

6. ИД РАША – агрегация молочной продукции в процессе маркировки [Электронный ресурс] / ID-RUSSIA.ru. Mode of access: <https://id-russia.ru/blog/325-agregatsiya-molochnoj-produktsii/>. Date of access: 18.12.2024.

Поступила 08.11.2024

Принята в печать 10.01.2025

Доступна на сайте 10.04.2025

References

1. About Product Labeling. *Decree of the President of the Republic of Belarus No 9 of January 6, 2021*. National Legal Internet Portal of the Republic of Belarus, 07.01.2021, 1/19446.
2. Andatory Labeling of Goods for 2025. *GETMARK.ru*. Available: <https://getmark.ru/blog/o-markirovke/obyazatelnyaya-markirovka-tovarov-kod-pravila-ehrapy-sroki/> (Accessed 10 July 2023).
3. Serialization and Aggregation. *VIDEOJET.ru*. Available: <https://www.videojet.ru/ru/homepage/resources/faqs/serialization-and-aggregation.html/> (Accessed 15 July 2023).
4. Product specification “SCARA Robots”. *Baltacom.com*. Available: <https://baltacom.com/catalog/robototekhnika/kollaborativnye-roboty/> (Accessed 15 July 2023).
5. Product specification “TM5 Collaborative Robots”. *Baltacom.com*. Available: <https://baltacom.com/catalog/robototekhnika/scara/> (Accessed 15 July 2023).
6. ID RUSSIA – Aggregation of Dairy Products in the Marking Process. *ID-RUSSIA.ru*. Available: <https://id-russia.ru/blog/325-agregatsiya-molochnoj-produktsii/> (Accessed 18 December 2024).

Received: 8 November 2024

Accepted: 10 January 2025

Available on the website: 10 April 2025

Сведения об авторе

Гурская Я. С., асп. каф. систем управления, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Адрес для корреспонденции

220013, Республика Беларусь,
Минск, ул. П. Бровки, 6
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
Тел.: +375 17 293-86-03
E-mail: arkhipenko.yana.serg@gmail.com
Гурская Яна Сергеевна

Information about the author

Hurskaya Y. S., Postgraduate at the Department of Management Systems, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics

Address for correspondence

220013, Republic of Belarus,
Minsk, P. Brovki St., 6
Belarusian State University
of Informatics and Radioelectronics
Tel.: +375 17 293-86-03
E-mail: arkhipenko.yana.serg@gmail.com
Hurskaya Yana Sergeevna