

И. А. Тарасова, А. В. Дробитько

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Донецкий национальный технический университет», г. Донецк
83001, г. Донецк, ул. Артёма, 58

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

I. A. Tarasova, A. V. Drobotko

State Educational Institution of Higher Education «Donetsk national technical University», Donetsk city
83001, Donetsk, Artema str., 58

IMPROVEMENT OF THE AUTOMATIC PROCESS CONTROL SYSTEM IN FOOD INDUSTRY PRODUCTION

I. O. Tarasova, O. V. Drobotko

Державна освітня установа вищої професійної освіти
«Донецький національний технічний університет», м. Донецьк
83001, м. Донецьк, вул. Артема, 58

ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ У ВИРОБНИЦТВІ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

В работе осуществлен анализ автоматической линии розлива. Произведено устранение выявленных недостатков путем подбора микропроцессорного управляющего узла, а также выбора комплекса технических средств. Внедрение усовершенствованной системы автоматического розлива позволит сократить число простоев линии и уменьшить количество отбракованной продукции на предприятиях пищевой промышленности.

Ключевые слова: система автоматического управления технологическим процессом, микропроцессорный узел, комплекс технических средств.

In article the analysis of the automatic bottling line is carried out. The elimination of identified deficiencies was made by selecting a microprocessor control unit, as well as choosing a complex of technical means. The introduction of an improved automatic bottling system will reduce the number of line outages and reduce the number of rejected products in the food industry.

Key words: automatic process control system, microprocessor unit, complex of technical means.

В роботі здійснено аналіз автоматичної лінії розливу. Вироблено усунення виявлених недоліків шляхом підбору мікропроцесорного керуючого вузлу, а також вибору комплексу технічних засобів. Впровадження удосконаленої системи автоматичного розливу дозволить скоротити число простоїв лінії і зменшити кількість відбракованої продукції на підприємствах харчової промисловості.

Ключові слова: система автоматичного управління технологічним процесом, мікропроцесорний вузол, комплекс технічних засобів.

Пищевая промышленность является социально значимой отраслью, производящей продукты питания. Состояние пищевой промышленности ДНР характеризуется наличием нерешенных проблем, препятствующих развитию её конкурентного потенциала. Остается высокой доля старых пищевых предприятий с низким технико-технологическим уровнем производства, не требующих высокой квалификации персонала. Рост цен на сырьё, а также низкая платежеспособность населения Донецкой Народной Республики поставили на грань выживания многие пищевые производства. Как следствие, конкурентный потенциал формируется крайне медленно не только между отдельными подотраслями, но и внутри них. Лишь отдельные крупные предприятия обладают конкурентным потенциалом, достаточным для устойчивого развития.

Ключевым фактором успеха для компании, занимающейся производством жидких продуктов, будь то питьевая и минеральная вода, алкоголь, газированные напитки, подсолнечное масло или технические жидкости, является обеспечение максимально высокого уровня качества данной продукции. Не последнюю роль здесь играет уровень используемых при производстве технологий, а также автоматизация процессов.

С целью достижения успеха в конкурентной борьбе производители должны постоянно улучшать качество продукции и, по возможности, снижать цену. Эту задачу можно решать разными способами, например – совершенствованием технологии производства и оборудования. Одним из эффективных способов повышения качества продукции, доступных для системных интеграторов, а также собственных служб автоматизированных систем управления технологическим процессом предприятий, является более полная автоматизация всего производственного процесса. При этом использование современного оборудования существенно повысит надежность работы и сократит время простоев по причине отказа оборудования [1-2].

Цель данной работы является сокращение числа простоев линии автоматического розлива и уменьшение количества отбракованной продукции на предприятиях пищевой промышленности, за счет разработки усовершенствованной системы автоматического розлива.

Для достижения поставленной цели осуществлен анализ автоматической линии розлива, разработаны морфологическая и функциональная модели. В ходе анализа были определены основные элементы системы, которые подлежат усовершенствованию.

Устранение выявленных недостатков произведено путем подбора микропроцессорного управляющего узла, а также выбора комплекса технических средств, таких как: система автоматического управления клапанами, система донной ориентации. Для работы была выбрана линия «РОЗМА 3000», так как она наиболее распространена на предприятиях с большим объемом выпуска продукции.

1 Анализ автоматической линии розлива

Был проведен системный анализ исследуемого объекта, с целью формулирования проблемы, связанной с его неудовлетворительным состоянием и синтез модели, обеспечивающей объективный подход к решению этой проблемы.

Разработана морфологическая модель системы, которая представляет собой совокупность следующих моделей:

- модель «черный ящик»;
- модель состава системы;
- модель структуры системы.

При разработке модели типа «черный ящик», представленной на рисунке 1, определены границы системы «РОЗМА-3000», внешняя среда, входы и выходы.

Граница системы «РОЗМА-3000» определяется помещением, в котором расположена линия.

В качестве внешней среды для линии выступают:

- цех розлива;
- оператор;

Входами в систему «РОЗМА-3000» являются:

- x1 – электропитание;
- x2 – входящие сигналы с пульта управления оператора;
- x3 – ПЭТ-колбы;
- x4 – продукция на розлив;
- x5 – дистиллированная вода;
- x6 – этикетки;
- x7 – пробки;
- x8 – диоксид углерода;
- x9 – сжатый воздух.

К выходам системы «РОЗМА-3000» относятся:

- y1 – упакованная продукция;
- y2 – диоксид углерода;
- y3 – сигналы с датчиков.

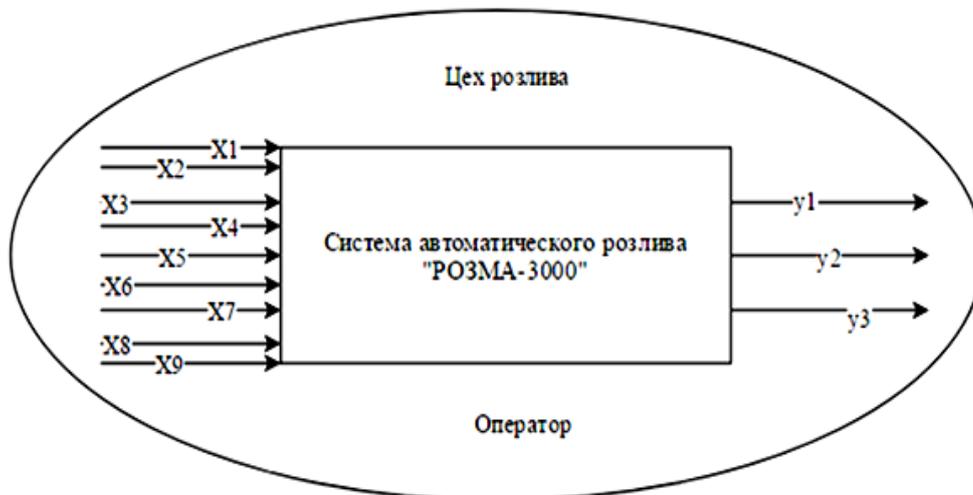


Рисунок 1 – Модель типа «черный ящик» системы «РОЗМА-3000»

На основании вербальной модели разработана формальная модель состава, которая приведена на рис. 2. Обозначение элементов на данном рисунке следующее:

- 1 – автоматический блок выдува:
 - 1.1 – направляющие;
 - 1.2 – вентиляторы;
 - 1.3 – частотный преобразователь.
- 2 – обмывочный аппарат:
 - 2.1 – мойка:
 - 2.1.1 – моечная база;
 - 2.1.2 – механизм захвата;
 - 2.1.3 – дренажная карусель.

- 2.2 – сушка;
- 2.3 – стерилизатор.
- 3 – триблок линии:
 - 3.1 – установка для охлаждения;
 - 3.2 – компрессор;
 - 3.3 – насос дозатор.
- 4 – механизм укупорки;
- 5 – машина визуального контроля;
- 6 – машина этикирования.

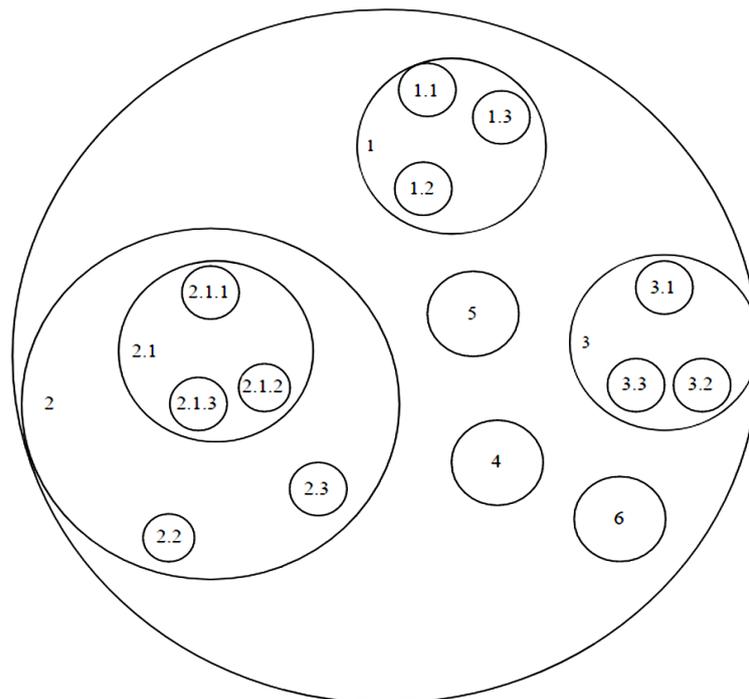


Рисунок 2 – Модель состава системы «РОЗМА-3000»

В ходе анализа структуры исследуемого объекта разработана структурная схема рассматриваемой автоматической системы розлива «РОЗМА-3000», представленная на рис. 3.

Блок выдува А-3000 №24 предназначается для производства ПЭТ – бутылок из разогретых преформ методом вытяжки и двухстадийного выдува в трехместной пресс-форме. На оборудовании можно изготовить бутылки емкостью от 0,25 до 2,0 литров, производительностью 4000 бутылок в час.

Готовый блок проталкивается по столу вновь образованным блоком на транспортер термоусадочного модуля, в камере которого под действием горячего воздуха происходит усадка пленки.

Так же используется рольганг-накопитель, исключающий повреждения упаковки при переносе неостывшего блока вручную.

Автомат состоит из силовой установки, печи для разогрева преформ, автозагрузчика преформ, контейнера с терминалом управления.

Существенным недостатком этого блока является высокая трудоемкость обслуживания и ремонта, рентабельность при выпуске не более 4000 бутылок в час.

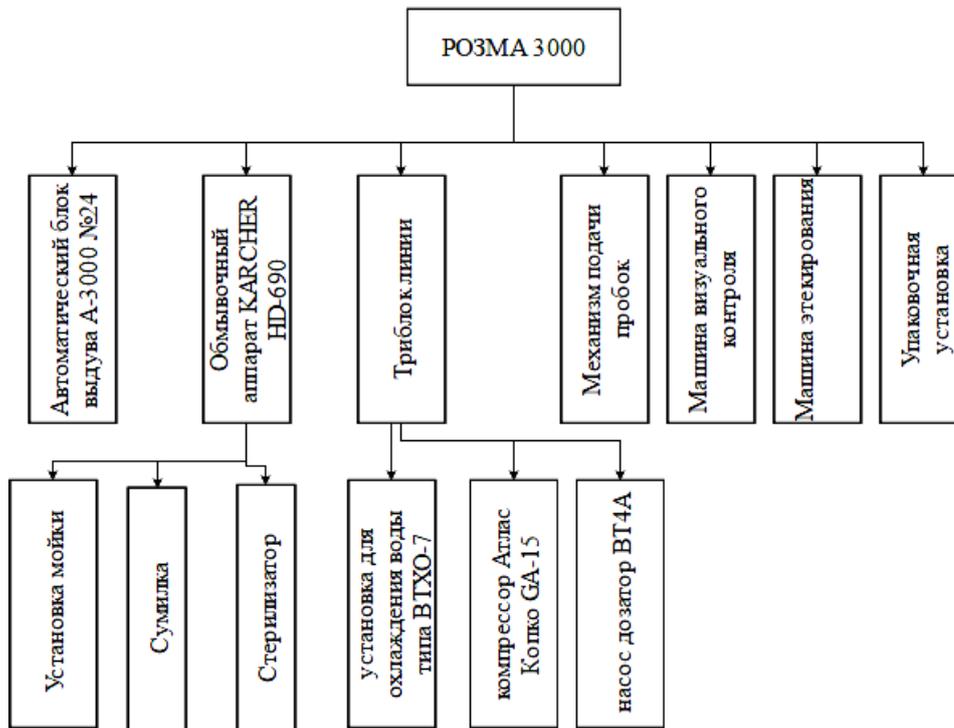


Рисунок 3 – Структурная схема автоматической системы розлива

Мощный аппарат высокого давления HD-690 с трехфазным двигателем без подогрева воды идеально подходит для коммерческого производства. Его недостатками являются только громоздкость и зависимость от оператора.

Установки охлаждения жидкости серии ВТХР специально разработаны и применяются для охлаждения воды (или других пищевых жидкостей), используемой при производстве продуктов питания, в случае, если ее расход через установку изменяется в циклическом режиме – от максимального до нуля. Но получение воды с нулевой температурой в пластинчатых или кожухотрубных теплообменниках сопряжено с риском ее замерзания.

Серия компрессоров GA 15 VSD является приемлемым решением для производства с переменной потребностью в сжатом воздухе [3]. Экономия энергии более 35 процентов воплощается в реальность благодаря динамическому диапазону регулирования и новому энергосберегающему циклу вентилятора. Однако у данной серии есть значительный недостаток, у неё отсутствует система сбора диоксида углерода из канала обратного газа.

Насос-дозатор ВТ4А – это насос, который предназначается для точной дозировки заданного объема продукта.

На рисунке 4 представлена разработанная функциональная модель системы, определены входы и выходы, механизмы исполнения и управление. Данная модель разработана для структурного изображения функций системы, а также информации и объектов, связывающие эти функции. Она устанавливает логическую связь между отдельными подсистемами и направление хода проектирования в каждом конкретном случае.

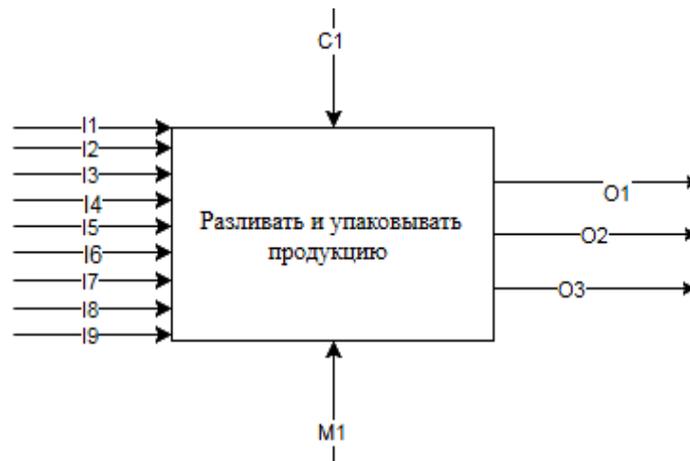


Рисунок 4 – А-0 контекстная диаграмма

Обозначение элементов на рисунке 4 следующее:

- I₁ – электропитание;
- I₂ – сигналы с пульта управления;
- I₃ – продукция для розлива;
- I₄ – диоксид углерода;
- I₅ – ПЭТ-колба;
- I₆ – этикетка;
- I₇ – пробка;
- I₈ – сжатый воздух;
- I₉ – дистиллированная вода;
- C₁ – правила эксплуатации линии;
- O₁ – упакованная продукция;
- O₂ – сигналы с датчиков;
- O₃ – диоксид углерода;
- M₁ – блоки линии розлива.

Основными задачами линии являются:

- выдувать ПЭТ-бутылки;
- обмывать ПЭТ-бутылки;
- разливать готовую продукцию;
- закупоривать и наклеивать этикетки;
- упаковывать продукт;

Данные задачи были отображены на декомпозированной контекстной диаграмме, представленной на рис. 5.

2 Усовершенствование системы розлива

Для устранения недостатков необходимо выбрать такой регулятор, конструктивно-техническое оформление которого удовлетворяло бы требованиям надёжности, работоспособности применительно к конкретным условиям производства [3-5].

Гидравлический регулятор не подходит для данной системы, так как его недостатками является: небольшой радиус действия, огнеопасность, зависимость рабочих характеристик от температуры, что крайне недопустимо.

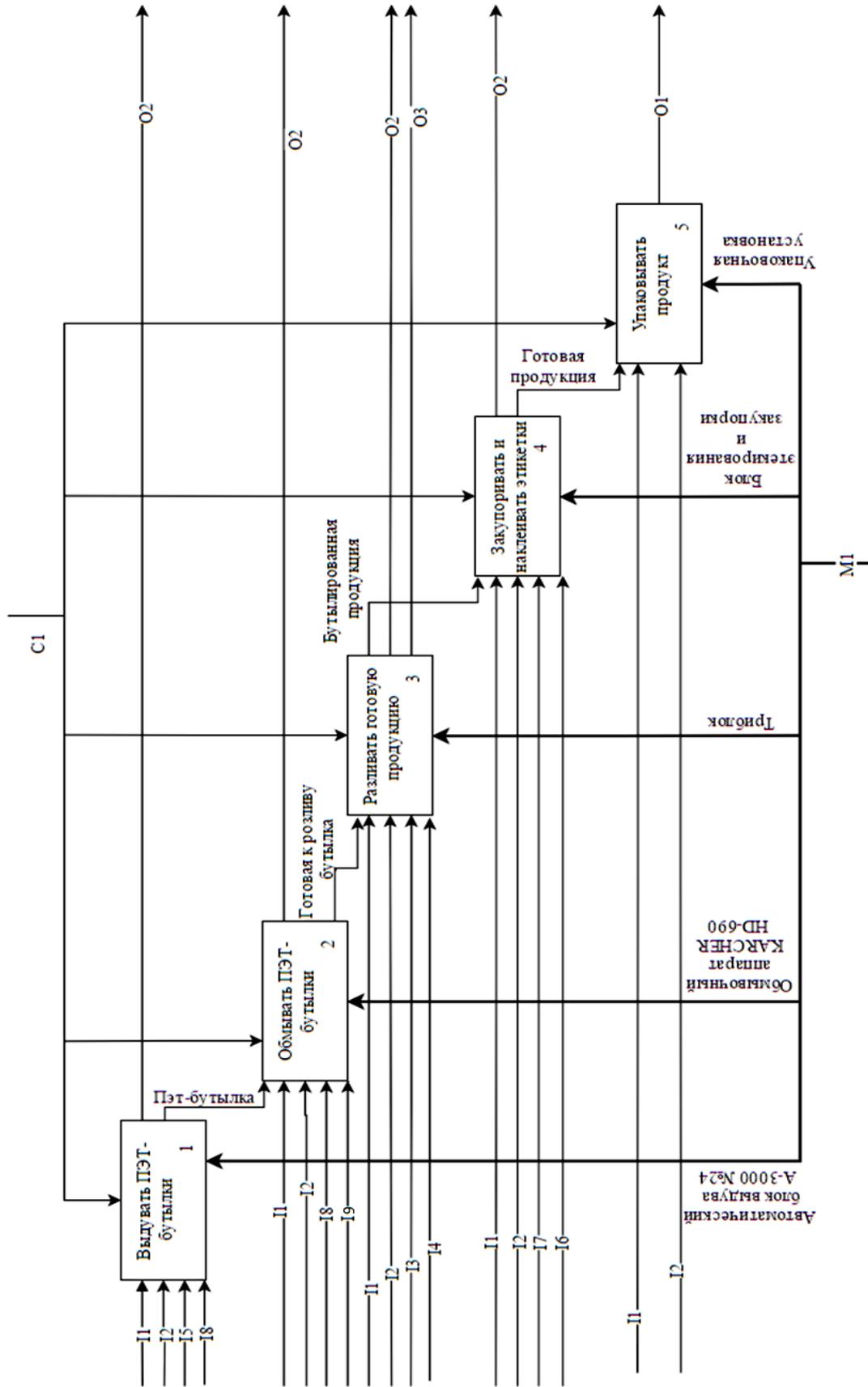


Рисунок 5 – А-0 декомпозированная контекстная диаграмма

Пневматические регуляторы так же не могут быть применены в связи с неудовлетворением требования пожаро-взрывобезопасности и необходимости наличия сжатого воздуха соответствующего качества, а также сравнительно небольшой протяженности импульсных и командных линий.

Электрические регуляторы, наиболее широко распространенные в пожаровзрывоопасных помещениях, удовлетворяют требованиям рассматриваемого объекта. Положительной стороной этих регуляторов является то, что велика протяжённость командных и импульсных линий (более 300 м).

Выбор типа регулятора основывается на выборе наиболее дешевого и простого в эксплуатации регулятора, обеспечивающего при различных возмущениях в заданных пределах динамическую ошибку, время регулирования и статическую ошибку.

В работе выделены четыре основных этапа процесса усовершенствования.

Первый этап. Для данной системы, внедрить в линию ЭВМ с ПИД-контроллером ТРА-1200, данный контроллер наиболее подходит линии «РОЗМА 3000», так как при относительно низкой стоимости обладает широкими функциональными возможностями и высокой производительностью [4]. Вследствие этого электро- и термодатчики системы станут наиболее устойчивые, а это в свою очередь позволит регулировать температуру автоматического блока выдува А-3000, что приведет к снижению брака.

Второй этап. Внедрение клапанов в обмывочный аппарат и наливной блок.

На каждом наливном и обмывочном кране имеются три пневмоклапана, управляющих процессом налива и обмывки соответственно. Каждый кран управляется независимым высокоскоростным микропроцессором (при тонкой настройке управление может выполняться отдельно для каждого крана, а не для блока кранов как у большинства других автоматических линий розлива).

Кроме того, управление машины установлено на неподвижной ее части, отдельно от управления наливными и обмывочными кранами и имеет интерфейс с ними посредством инфракрасной коммуникационной системы.

Данная система представлена на рис. 6.

Третий этап. Внедрение системы сбора диоксида углерода из канала обратного газа компрессора Атлас GA-15. Датчики и клапаны данной системы также работают от контроллера ТРА-1200. Данный этап значительно снизит расход продукции и повысит ее качество.

Основной принцип функционирования данной системой состоит в следующем:

- установка параметров, обратная связь и аварийные сигналы, относящиеся к процессу обмыва/налива передаются мастер-платой на интерфейс оператора;
- параметры обмыва/налива и контрольные сигналы, необходимые для правильной работы всех кранов, собираются в электронной плате, расположенной в РС-слоте (Master card);
- мастер-плата управляет передачей данных с РС на контроль крана (Slave card), при помощи системы инфракрасного сообщения;
- мастер-плата управляет отдельными платами slave card через четыре платы передачи инфракрасных сигналов, установленных вокруг каруселей;
- неисправный кран может быть временно отключен, не останавливая работу блоков.

Для более оптимального использования данной системы подобрана консоль оператора, которая представляет собой интерфейс VDU (Siemens Touchscreen PC), позволяющий оптимально использовать, по сравнению с кнопочным пультом, разных контрольных функций, а также избежать неправильных действий оператора.

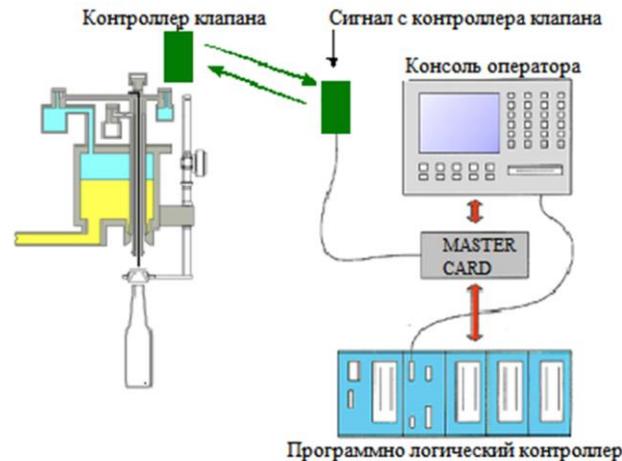


Рисунок 6 – Система автоматического управления клапанами

Четвертый этап. Решить достаточно важную проблему брака этикеток возможно при внедрении в существующий этикировочный автомат систему донной ориентации. Подходящей для линии розлива «РОЗМА-3000» является система донной ориентации разработки компании РОСПРОДМАШСЕРВИС. В этом случае, линия останавливается лишь на несколько часов. Это время необходимо для установки навесной системы ориентации, изготовленной по ранее проведенным замерам.

Таким образом, внедрение усовершенствованной системы автоматического розлива позволит сократить число простоев линии и уменьшить количество отбракованной продукции на предприятиях пищевой промышленности.

Список литературы

1. Дробитько А. В. Модернизация системы автоматического розлива на предприятиях пищевой промышленности [Текст] / А. В. Дробитько, И. А. Тарасова // Сборник материалов VIII Международной научно-технической конференции «Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование (ИУСМКМ-2017)». – ДонНТУ, 2017. – С. 744–748.
2. Дробитько А. В. Системный анализ модели датчики-оператор в автоматизированной системе управления линиями розлива [Текст] / А. В. Дробитько, Ю. К. Орлов // Материалы студенческой секции IX Международной научно-технической конференции «Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование (ИУСМКМ-2018)». – Донецк: ДонНТУ, 2018. – С. 494-498.
3. Федоров Ю. Н. Справочник инженера по АСУТП. Проектирование и разработка [Текст] / Ю. Н. Федоров. – М.: Инфра-Инженерия, 2008. – 928с.
4. Осьмаков А. А. Технология и оборудование производства электрических машин [Текст] / А. А. Осьмаков. – М. : ПРИОР, 2010. – 380 с.
5. Бородин И. Ф. Практикум по основам автоматизации и автоматизации производственных процессов [Текст] / И. Ф. Бородин, Н. И. Кирилин. – М. : Омега-Л, 2011. – 420 с.

References

1. Drobotko A. V., Tarasova I. A. Modernizatsiya sistemy avtomaticheskogo rozliva na predpriyatiyakh pishchevoy promyshlennosti [Modernization of the automatic bottling system in the food industry]. *Sbornik materialov VIII Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Informatika, upravlyayushchiye sistemy, matematicheskoye i komp'yuternoye modelirovaniye (IUSMKM-2017)»* [Collection of materials of the VIII International Scientific and Technical Conference "Informatics, control systems, mathematical and computer modeling], Donetsk, 2017, pp. 744–748.
2. Drobotko A. V., Orlov Yu. K. Sistemnyy analiz modeli datchiki-operator v avtomatizirovannoy sisteme upravleniya liniy rozliva [System analysis of the sensor-operator model in an automated control system for

bottling lines]. *Materialy studencheskoy seksii IKH Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Informatika, upravlyayushchiye sistemy, matematicheskoye i kompyuternoye modelirovaniye (IUSMKM-2018)»* [Materials of the student section of the IX International Scientific and Technical Conference "Informatics, control systems, mathematical and computer modeling], Donetsk, 2018, pp. 494–498.

3. Fedorov Yu. N. Spravochnik inzhenera po ASUTP. Proyektirovaniye i razrabotka [Handbook of engineer for process control systems. Design and development]. Moscow, Infra-Engineering, 2008, 928p.
4. Osmakov A. A. Tekhnologiya i oborudovaniye proizvodstva elektricheskikh mashin [Technology and equipment for the production of electric machines]. M., PRIOR, 2010, 380 p.
5. Borodin I. F. Praktikum po osnovam avtomatiki i avtomatizatsii proizvodstvennykh protsessov [A Workshop on the Basics of Automation and Automation of Production Processes]. M., Omega-L, 2011, 420 p.

RESUME

I. A. Tarasova, A. V. Drobotko

Improvement of the Automatic Process Control System in Food Industry Production

Background: the food industry is a socially important food producing industry. The state of the DPR food industry is characterized by the presence of unresolved problems that impede the development of its competitive potential. The share of old food enterprises with a low technical and technological level of production remains high. Improvement of the automatic bottling system will significantly improve the quality of products and, accordingly, develop its competitive potential.

Materials and methods: methods of system analysis, theory of automatic control are used in the article.

Results: proposed elimination of a number of design flaws in the automatic process control system in the food industry, due to the selection of a microprocessor control unit, as well as the choice of a complex of technical means.

Conclusion: the introduction of an improved automatic bottling system will reduce the number of line outages and reduce the number of rejected products at the food industry.

РЕЗЮМЕ

И. А. Тарасова, А. В. Дробитько

Усовершенствование системы автоматического управления технологическим процессом в производстве пищевой промышленности

История вопроса: пищевая промышленность является социально значимой отраслью, производящей продукты питания. Состояние пищевой промышленности ДНР характеризуется наличием нерешенных проблем, препятствующих развитию её конкурентного потенциала. Остается высокой доля старых пищевых предприятий с низким технико-технологическим уровнем производства. Усовершенствование системы автоматического розлива позволит значительно улучшить качество производимой продукции и соответственно развить ее конкурентоспособный потенциал.

Материалы и методы: в статье использованы методы системного анализа, теории автоматического управления.

Результаты: предложено устранение ряда конструктивных недостатков системы автоматического управления технологическим процессом в производстве пищевой промышленности, за счет подбора микропроцессорного узла, а также выбора комплекса технических средств.

Заключение: внедрение усовершенствованной системы автоматического розлива позволит сократить число простоев линии и уменьшить количество отбракованной продукции на предприятиях пищевой промышленности.

Статья поступила в редакцию 03.08.2018.