

Решение задач автоматизации элеваторного комплекса

Владимир С. Кудряшов	¹	kudryashovvs@mail.ru
Михаил В. Алексеев	¹	mwa1976@mail.ru
Андрей В. Иванов	¹	andrious@rambler.ru
Константин И. Сурин	²	kosty.suri@yandex.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

² ООО "Интеллектуальные комплексы автоматики", Московский пр-т, 97, г. Воронеж, 394077, Россия

Реферат. Статья посвящена решению задач автоматизации при разработке автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора для управления элеватором производительностью 280 тонн в час в рамках работ ООО "Интеллектуальные комплексы автоматики". В существующих элеваторных комплексах обеспечивается только транспортировка зерна (отсутствуют системы управления с автоматической сушкой зерна при высокой точности измерения влажности), не предусмотрено автоматическое формирование маршрутов перемещения зерна (для каждого маршрута требуется составление технического задания и внесение изменений в управляющую программу системы). Вместе с тем требуется более точное регулирование расходов потоков зерна (применяемые автоматические задвижки имеют только положения «открыто/закрыто»). Целью автоматизации элеватора является: снижение времени аварийного простоя оборудования путем отслеживания наработки оборудования, количества аварий и информирования оператора об оборудовании, которое подвержено выходу из строя; снижение времени наладки и обслуживания элеватора; повышение качества продукции; уменьшение процента брака, а также уменьшение влияния человеческого фактора на процесс. В работе приводится краткое описание предложенных алгоритмов управления задвижками, автопостроения маршрута сушки зерна, фильтрации показаний влажности зерна и фрагменты программы АРМ оператора (в среде indusoft web studio) для управления элеваторным комплексом. Предложенные решения позволяют: снизить время аварийного простоя оборудования на 20% и общее время обслуживания комплекса; отсеять недосушенное зерно на отлежку в автоматическом режиме для повторной сушки; повысить качество продукции за счет автоматического контроля перегрева зерна; уменьшить брак продукции на 3%, а также уменьшить влияние человеческого фактора на процесс транспортировки и сушки зерна.

Ключевые слова: элеваторный комплекс, автоматизация, алгоритм управления, контроллер

Solution of problems of automation of elevator complex

Vladimir S. Kudryashov	¹	kudryashovvs@mail.ru
Mikhail V. Alekseev	¹	mwa1976@mail.ru
Andrei V. Ivanov	¹	andrious@rambler.ru
Konstantin I. Surin	²	kosty.suri@yandex.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

² LLC "Intellectual complexes of automatics", Moscow Av., 97, Voronezh, 394077, Russia

Summary. The article is devoted to the solution of automation tasks in the development of the operator's workstation (AWP) for controlling the elevator with a capacity of 280 tons per hour as part of the work of LLC "Intelligent Automation Complexes". In the existing elevator complexes, only grain transportation is provided (there are no control systems with automatic grain drying with high accuracy of humidity measurement), automatic generation of grain transportation routes is not provided (for each route, a technical task is required and changes to the control program of the system are required). At the same time, more precise regulation of the flow of grain flows is required (the automatic latches used have only the "open / close" positions). The goal of elevator automation is: to reduce the time of equipment downtime by tracking the operating time of the equipment, the number of accidents and informing the operator about equipment that is susceptible to failure; reduction of the time for setting up and servicing the elevator; improvement of product quality; a decrease in the percentage of rejects, as well as a decrease in the influence of the human factor on the process. The paper provides a brief description of the proposed gate valve control algorithms, the auto-building of the grain drying route, the filtering of the grain moisture readings and the fragments of the operator's workstation program (in indusoft web studio) for controlling the elevator complex. The proposed solutions allow: to reduce the time of equipment downtime by 20% and the total service time of the complex; weed out the undried grain for ridding in automatic mode for repeated drying; to improve the quality of products through automatic control of grain overheating; to reduce the production waste by 3%, and also to reduce the influence of the human factor on the process of grain transportation and drying.

Keywords: elevator complex, automation, control algorithm, controller

Для цитирования

Кудряшов В.С., Алексеев М.В., Иванов А.В., Сурин К.И. Решение задач автоматизации элеваторного комплекса // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 1. С. 117–123. doi:10.20914/2310-1202-2018-1-117-123

For citation

Kudryashov V.S., Alekseev M.V., Ivanov A.V., Surin K.I. Solution of problems of automation of elevator complex. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 1. pp. 117–123. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-1-117-123

Введение и постановка задачи

Зерновые продукты являются одним из главных элементов в питании людей. На сегодняшний день самым надежным местом сбережения зерна являются зерновые элеваторы. В элеваторах можно улучшить качество зерна, просушив его, а также очистив от мелких и крупных примесей [1]. В последние годы при решении задач автоматизации процессов очистки, сушки и хранения зерна достигнуты определенные успехи, но при этом некоторые задачи остаются нерешенными. В существующих элеваторных комплексах обеспечивается только транспортировка зерна (отсутствуют системы управления (СУ) с автоматической сушкой зерна при высокой точности измерения влажности), не предусмотрено автоматическое формирование маршрутов перемещения зерна (для каждого маршрута требуется составление технического задания и внесение изменений в управляющую программу СУ). Вместе с тем требуется более точное регулирование расходов потоков зерна (применяемые автоматические задвижки имеют только положения «открыто / закрыто») [2, 3].

Целью автоматизации элеватора является: снижение времени аварийного простоя оборудования путем отслеживания наработки оборудования, количества аварий и информирования оператора об оборудовании, которое подвержено выходу из строя; снижение времени наладки и обслуживания элеватора; повышение качества продукции; уменьшение процента брака, а также уменьшение влияния человеческого фактора на процесс.

Результаты

В работе приводится краткое описание решения перечисленных задач и фрагменты разработанной программы автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора (в среде indusoft web studio) для управления элеваторным комплексом [4].

Типовой элеватор (рисунок 1) состоит из блоков приемки зерна (завальная яма, весовой контроль, ж.д. приемка); очистки зерна (машин предварительной очистки, машин предпродажной очистки, машин семенной очистки); сушки зерна (накопительный конусный силос, зерносушилка); хранения зерна и отгрузки (плоскодонные силоса с термометрией, бункера отгрузки, ж.д. отгрузка).

Для автоматизации работы подсилосных задвижек предлагается алгоритм на основе временного интервала закрытия (от пропадания

сигнала от концевого выключателя на открытие до появления сигнала концевого выключателя на закрытие) и временного интервала открытия (от пропадания сигнала от концевого выключателя на закрытие до появления сигнала концевого выключателя на открытие) (рисунок 2). При реализации алгоритма рассчитывается необходимое время движения задвижки в зависимости от заданного оператором процента открытия задвижки, общего времени открытия/закрытия задвижки, текущего положения задвижки [5].

Для открытия задвижки на заданный оператором процент, необходимо рассчитать время движения задвижки. В случае если задвижка закрыта, то задвижка будет двигаться на открытие, а время движения будет следующим:

$$\text{Time_work} = (\text{Time_Test} / 100SV), \quad (1)$$

где Time_Test – среднее время движения задвижки в одном направлении; Time_work – расчетное время движения задвижки; SV – заданный оператором процент открытия задвижки.

Если же задвижка не закрыта, то направление движения задвижки будет зависеть от ее фактического положения. Если $SV > PV$, то задвижка будет двигаться на открытие, а время движения будет рассчитываться следующим образом:

$$\text{Time_work} = (\text{Time_Test} / 100SV) - (\text{Time_Test} / 100PV), \quad (2)$$

где PV – фактическое положение задвижки в процентах открытия.

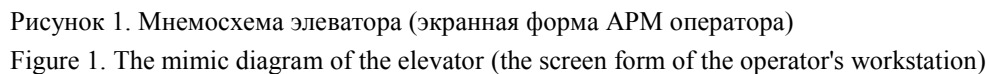
Если же $SV < PV$, то задвижка будет двигаться на закрытие, а время движения будет рассчитываться следующим образом:

$$\text{Time_work} = (\text{Time_Test} / 100PV) - (\text{Time_Test} / 100SV). \quad (3)$$

При этом необходимо реализовать алгоритм автотестирования задвижки (проверка времени открытия/закрытия), т. к. в процессе работы комплекса некоторые части изнашиваются и меняется время движения (так же время движения задвижки может изменяться после ее смазывания или замены задвижки).

Для автопостроения маршрута необходимо программирование каждого отдельного оборудования (норий, транспортеров, клапанов, задвижек и силосов) на основе функциональных блоков. Общий алгоритм следующий (рисунок 3): после нажатия кнопки "Построение маршрута" оператору предлагается выбрать начальную и конечную емкости.

119



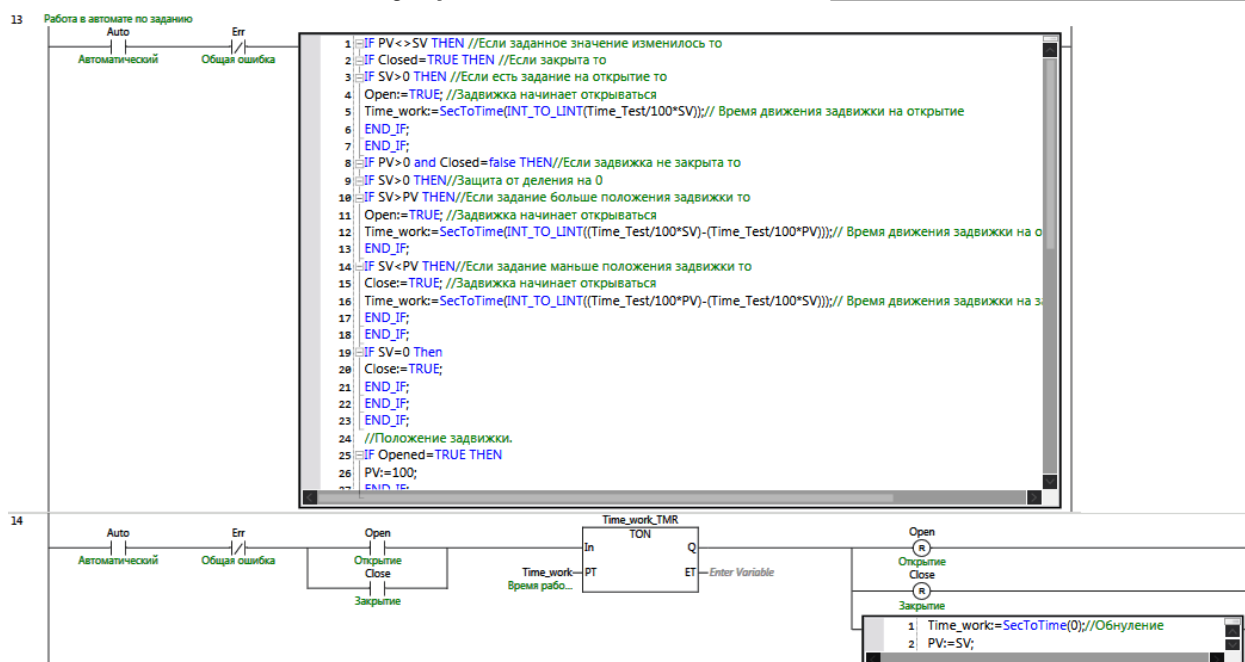


Рисунок 2. Фрагмент программы управления задвижкой

Figure 2. Fragment of the shutter control program

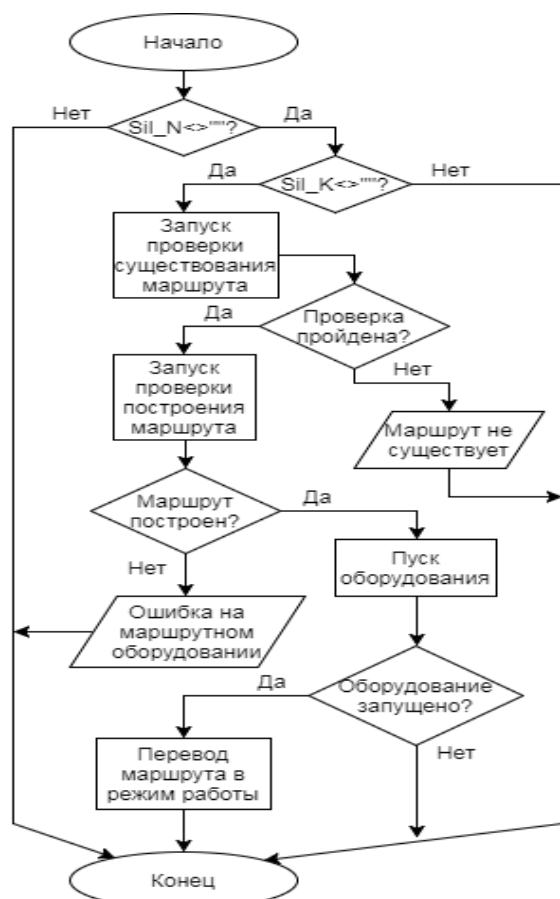


Рисунок 3. Алгоритм автопостроения маршрута

Figure3. Algorithm for auto-routing

В результате управляющий контроллер начинает проверку возможности построения данного маршрута (рисунок 4). Если такая возможность

имеется, то оператору поступит предложение выбрать контрольные точки маршрута (очистительные машины, зерносушилки) и станет активна кнопка "Подготовить маршрут". Далее клапаны примут положения в соответствии с выбранным маршрутом и станет активна кнопка "Запустить маршрут". При нажатии на нее маршрут начнет последовательный запуск.

Основной сложностью при реализации алгоритма управления зерносушилкой является большая погрешность поточных влагомеров зерна [6]. Максимальная скорость замеров – 1 раз в 30 секунд. Предлагается фиксировать четыре последних показания влажности зерна, вычислять среднее значение и принимать его за действительное.

Система реагирует (с небольшой задержкой) на возможные резкие скачки влажности, что предостережет ее от принятия неверных решений, и снижает погрешность измерения влагомеров фильтрацией сигналов (рисунок 5).

Стабилизация значений температуры и влажности реализована программными ПИД-регуляторами (рисунок 6):

$$u(t) = \text{Temp_Pe}(t) + \text{Temp_I} \cdot \int_0^t e(t) dt + \text{Temp_D} \cdot \frac{de(t)}{dt}, \quad (4)$$

где $u(t)$ – управляющее воздействие регулятора; Temp_P – пропорциональный коэффициент регулятора; Temp_I – интегральный коэффициент; Temp_D – дифференциальный коэффициент; $e(t)$ – ошибка регулирования.

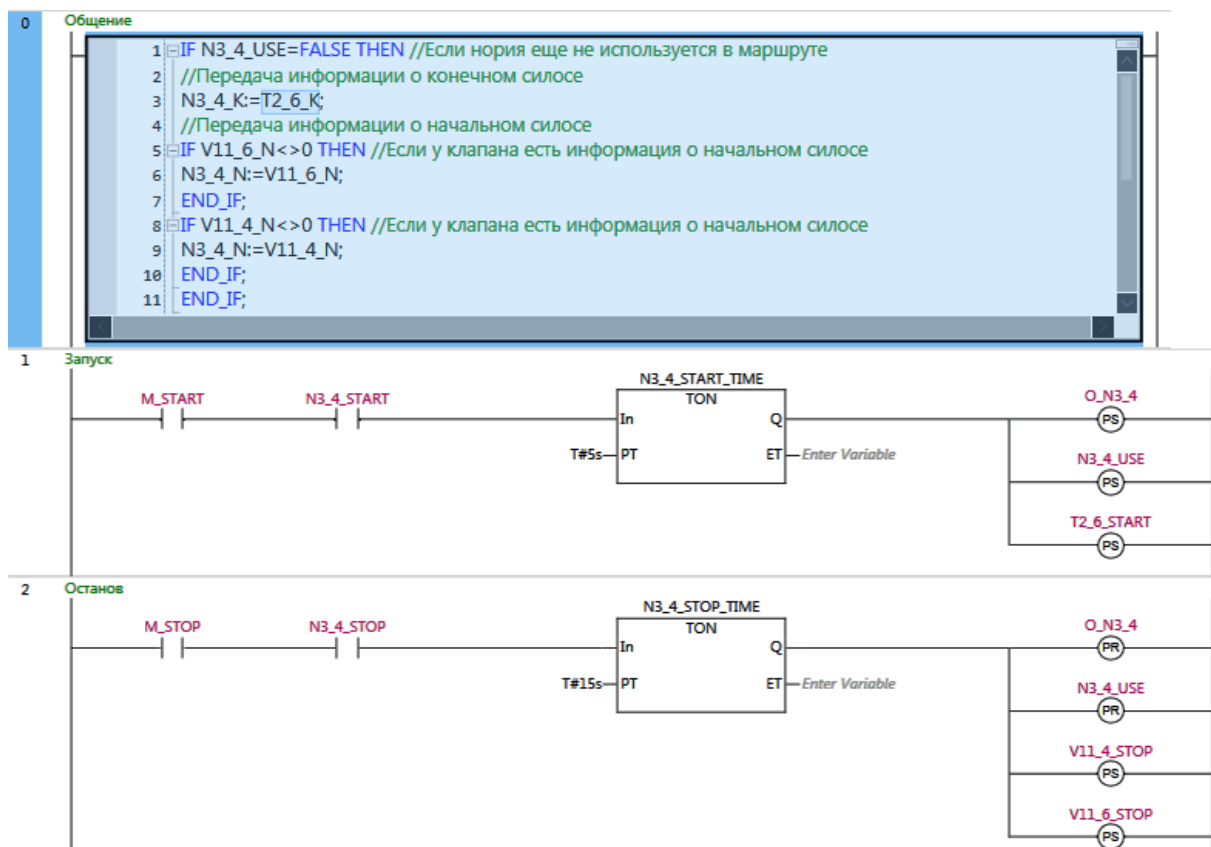


Рисунок 4. Проверка возможности построения маршрута и его запуск

Figure 4. Checking the possibility of building a route and launching it

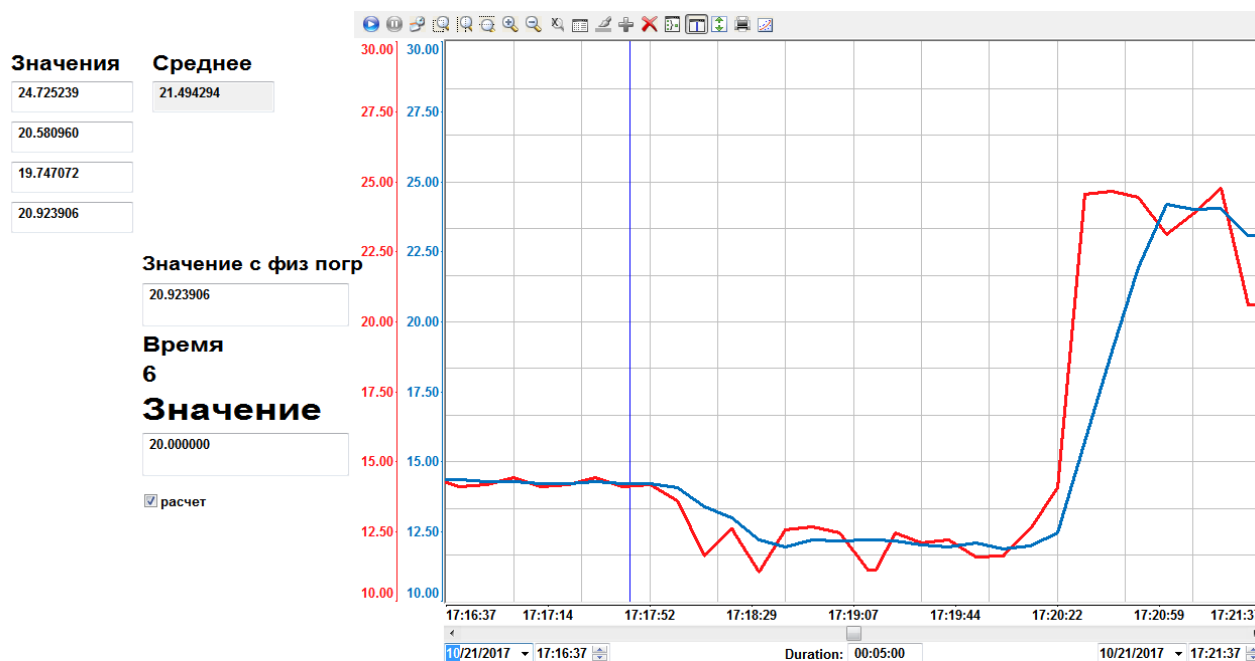
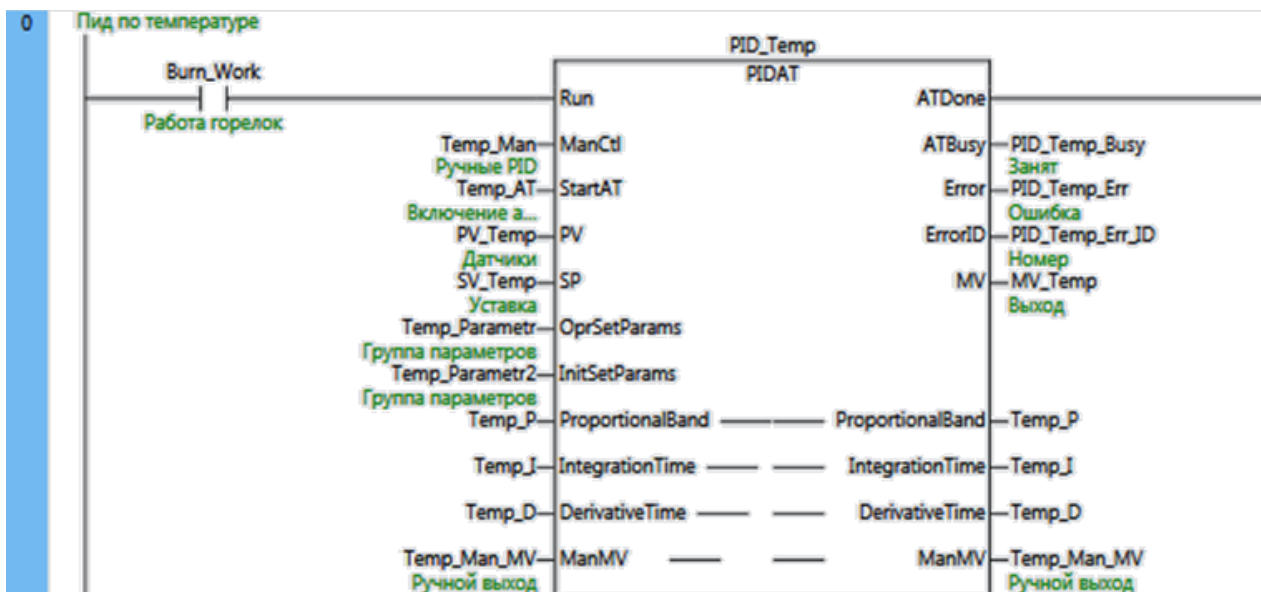
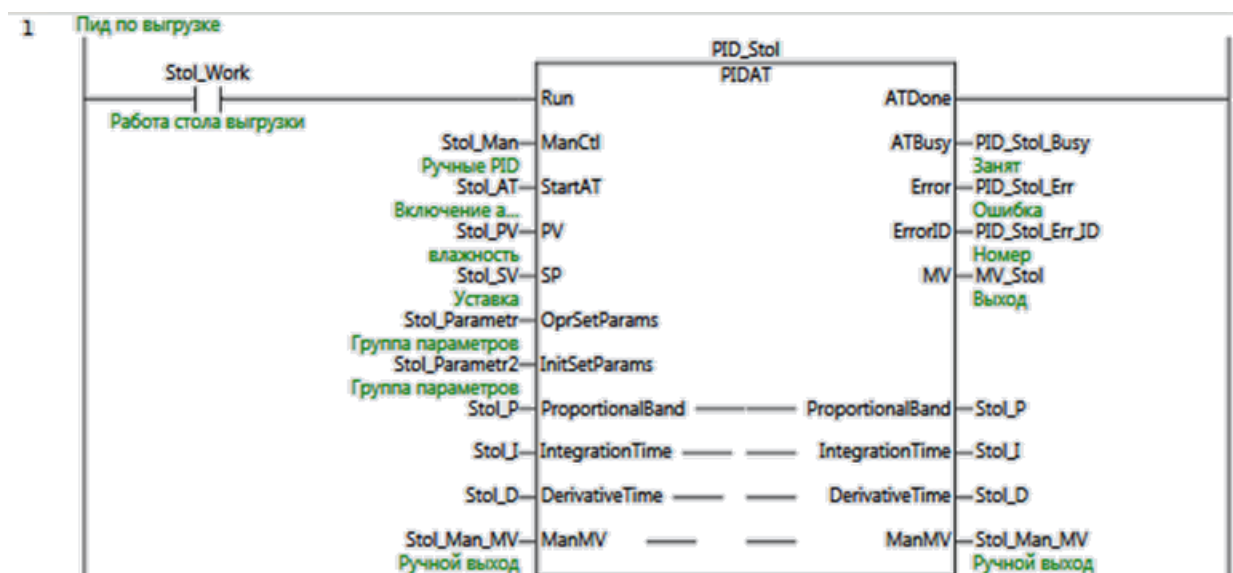


Рисунок 5. Тестирование фильтрации показаний влажности зерна: красная линия – значения влажности с физической погрешностью влагомера; синяя линия – отфильтрованные значения

Figure 5. Testing the filtration of moisture readings of the grain: the red line – the moisture values with the physical error of the moisture meter; blue line – filtered values



(a)



(b)

Рисунок 6. ПИД-регуляторы по температуре (a) и влажности (b)

Figure 6. PID-regulators for temperature (a) and humidity (b)

При работе с АРМ оператор имеет возможность управления комплексом в ручном и автоматическом режимах. В свою очередь, автоматический режим делится на сушку зерна за один цикл или на сушку зерна с использованием бункера отлежки зерна. Если производительность зерносушилки позволяет за один цикл сушки снять необходимый процент влажности с зерна, то запускается алгоритм перехода в режим сушки за один цикл. Если производительность зерносушилки не позволяет снять необходимый процент влажности с зерна, то запускается алгоритм перехода в режим сушки с использованием бункера отлежки. После запуска алгоритма смены режима система определяет количество сброшенного зерна (при достижении количества

сброшенного зерна заданного значения произойдет смена режима работы сушилки). Эта задержка необходима для досушивания слоев зерна, находящихся в зерносушилке, а также для исключения повреждения зерна пересушиванием.

Предложенные решения позволяют: снизить время аварийного простоя оборудования на 20% и общее время обслуживания комплекса; отсеять недосушенное зерно на отлежку в автоматическом режиме для повторной сушки; повысить качество продукции за счет автоматического контроля перегрева зерна; уменьшить брак продукции на 3%, а также уменьшить влияние человеческого фактора на процесс транспортировки и сушки зерна.

Выводы и рекомендации

Сформулированные задачи автоматизации решены при разработке АРМ оператора для управления элеватором производительностью 280 тонн в час в рамках работ ООО "Интеллектуальные комплексы автоматики" [7–10].

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Бурков А.И., Сычугов Н.П. Зерноочистительные машины. Конструкция, исследование, расчет и испытание. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2000. 261 с.
- 2 Малин Н.И. Энергосберегающая сушка зерна. М.: Колос, 2004. 240 с.
- 3 Юдаев Н.В. Элеваторы, склады, зерносушилки. СПб.: ГИОРД, 2008. 128 с.
- 4 Сурин К.И., Алексеев М.В. Разработка комплекса переработки зерна и решение задачи его автоматизации // Материалы студенческой научной конференции за 2016 год. В 2 ч. Ч. 1. Технические науки. Воронеж: ВГУИТ, 2016. С. 347.
- 5 Yla-Soini A. Automatization of a grain dryer // Martti Lehtonen. 2015. V. 14. P. 40.
- 6 Bakker R., Borlagdan P., Hardy B. Partnerships for Modernizing the Grain Postproduction Sector. 2004. V. 7. P. 90.
- 7 Алексеев М.В., Сурин К.И. Проектирование автоматизированного комплекса переработки зерна // Стандартизация, управление качеством и обеспечение информационной безопасности в перерабатывающих отраслях АПК и машиностроении : матер. II Междунар. науч.-техн. конф. Воронеж: ВГУИТ, 2016. С. 384-386.
- 8 Grötschel M., Krumke S. O., Rambau J. Online optimization of complex transportation systems // Online Optimization of Large Scale Systems. 2001. P. 705-729.
- 9 Drira A., Pierreval H., Hajri-Gabouj S. Facility layout problems: A survey // Annual reviews in control. 2007. V. 31. №. 2. С. 255-267.
- 10 Liggett R. S. Automated facilities layout: past, present and future // Automation in construction. 2000. V. 9. №. 2. P. 197-215.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Владимир С. Кудряшов д.т.н., профессор, кафедра Информационных и управляющих систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kudryashovvs@mail.ru
Михаил В. Алексеев к.т.н., доцент, кафедра Информационных и управляющих систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, mwa1976@mail.ru
Андрей В. Иванов к.т.н., доцент, кафедра Информационных и управляющих систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, andrious@rambler.ru
Константин И. Сурин инженер, ООО "Интеллектуальные комплексы автоматики", Московский пр-т, 97, г. Воронеж, Россия, kosty.suri@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 05.02.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 28.02.2018

Данные исследования позволили совершенствовать алгоритм управления процессом сушки и снизить брак продукции.

Разработанную СУ [4, 7] на базе современных средств автоматизации можно использовать для управления другими элеваторными комплексами.

REFERENCES

- 1 Burkov A.I., Sychugov N.P. Zernoochistitel'nye mashiny [Grain-cleaning machines. Construction, research, calculation and testing] Kirov: NIISKH, 2000. 261 p. (in Russian).
- 2 Malin N.I. Energoberegayushchaya sushka [Energy-saving drying of grain] Moscow: Kolos, 2004. 240 p. (in Russian).
- 3 Yudaev N.V. Elevatory, sklady, zernosushilki [Elevators, warehouses, grain dryers] Saint-Petersburg, GIOR, 2008. 128 p. (in Russian).
- 4 Surin K.I., Alekseev M.V. Development of the grain processing complex and the solution of the problem of its automation. Materialy studencheskoi nauchnoi konferentsii [Materials of the student scientific conference for 2016. In 2 hours Part 1. Technical sciences] Voronezh, VGUIT, 2016. pp. 347. (in Russian).
- 5 Yla-Soini A. Automatization of a grain dryer. Martti Lehtonen. 2015. vol. 14. pp. 40.
- 6 Bakker R., Borlagdan P., Hardy B. Partnerships for Modernizing the Grain Postproduction Sector. 2004. vol. 7. pp. 90.
- 7 Alekseev M.V., Surin K.I. Design of an automated grain processing complex. Standartizatsiya, upravlenie kachestvom i obespechenie bezopasnosti [Standardization, quality management and information security in the processing industries of the agroindustrial complex and mechanical engineering: mater. II Intern. scientific-techn. conf.] Voronezh, VGUIT, 2016. pp. 384-386. (in Russian).
- 8 Grötschel M., Krumke S. O., Rambau J. Online optimization of complex transportation systems. Online Optimization of Large Scale Systems. 2001. pp. 705-729.
- 9 Drira A., Pierreval H., Hajri-Gabouj S. Facility layout problems: A survey. Annual reviews in control. 2007. vol. 31. no. 2. pp. 255-267.
- 10 Liggett R. S. Automated facilities layout: past, present and future. Automation in construction. 2000. vol. 9. no. 2. pp. 197-215

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Vladimir S. Kudryashov Dr. Sci. (Engin.), professor, Information and control systems department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, kudryashovvs@mail.ru
Mikhail V. Alekseev Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Information and control systems department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia, mwa1976@mail.ru
Andrei V. Ivanov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Information and control systems department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, andrious@rambler.ru
Konstantin I. Surin engineer, LLC "Intellectual complexes of automatics", Moscow Av., 97, Voronezh, Russia, kosty.suri@yandex.ru

CONTRIBUTION

All authors equally participated in writing the manuscript and responsible for the plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 2.5.2018

ACCEPTED 2.28.2018