

Вестник Курганской ГСХА. 2026. № 2 (58). С. 81-89
Vestnik Kurganskoy GSNA. 2026; (2-58): 81-89

Научная статья

УДК 631.365.22

Код ВАК 4.3.2

DOI: 10.52463/2227-4227_2026_58_81_89

EDN: BFLXSS

ИНЖИНИРИНГ СТАНЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЗЕРНОСУШИЛЬНЫМ КОМПЛЕКСОМ

Виктор Иванович Чарыков^{1✉}, Владимир Анатольевич Морозов², Игорь Иванович Копытин³

¹ Курганский институт железнодорожного транспорта – филиал Уральского государственного университета путей сообщения, Курган, Россия

^{2,3} Курганский государственный университет, Курган, Россия

¹ Viktor52-CHIMESH@yandex.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-6434-3825>

² morozikkz@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0002-5091-5738>

³ docent_ik@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1295-1896>

Аннотация. Цель исследования – разработка схемы автоматизации зерносушильного комплекса. Рассматривается проблема увеличения эффективности процессов обработки и хранения продукции в аграрном секторе. Проведен сравнительный анализ систем автоматизации зерносушильных комплексов. На основе полученных данных разработана станция управления зерносушильным комплексом, которая в автоматическом режиме обеспечивает: последовательное включение транспортного оборудования и компонентов зерносушилки в направлении, обратном движению зерна; остановку всех агрегатов, расположенных по потоку зерна любым остановившимся устройством на линии; программное зажигание топki и ее контроль; контроль температуры теплоносителя и нагрева зерна; защиту электрического оборудования от коротких замыканий и перегрузок. Основной особенностью данной схемы управления является наличие в ее структуре устройства РДКС-04, которое обеспечивает бесконтактный дистанционный контроль скорости, пробуксовки, проскальзывания и разрыва ленты загрузочной и выгрузочной нории, быстрый автоматизированный выход на нужные режимы эксплуатации, понизив в то же время требования к основной части персонала объекта, сконцентрировав ответственность за управление оборудованием на операторе технологического процесса. Станция управления была апробирована на зерносушильных комплексах в Курганской и Тюменской областях, что позволило рекомендовать ее для внедрения и в других регионах Уральского федерального округа. Предложенный инжиниринг станции координации зерносушильным комплексом обеспечит централизованное управление и контроль над процессом с рабочего места оператора; автоматическую защиту от ошибочных режимов эксплуатации оборудования, исключив человеческий фактор; обеспечит повышение безопасности и бесперебойности эксплуатации объекта; увеличит производительность технологического объекта и экономичность его эксплуатации; уменьшит количество персонала, вовлеченного в управление процессом.

Ключевые слова: жалюзийная зерносушилка, автоматизация, станция управления, дистанционный контроль, теплоноситель, программное зажигание.

Благодарности: работа финансировалась за счет средств бюджета ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет». Дополнительные грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

Для цитирования: Чарыков В.И., Морозов В.А., Копытин И.И. Инжиниринг станции управления зерносушильным комплексом // Вестник Курганской ГСХА. 2026. № 2 (58). С. 81-89. DOI: 10.52463/2227-4227_2026_58_81_89. EDN: BFLXSS.

Scientific article

ENGINEERING OF THE GRAIN DRYING COMPLEX CONTROL STATION

Viktor I. Charykov^{1✉}, Vladimir A. Morozov², Igor I. Kopytin³

¹ Kurgan Institute of Railway Transport – branch of Ural State University of Railway Transport, Kurgan, Russia

^{2,3} Kurgan state university, Kurgan, Russia

¹ Viktor52-CHIMESH@yandex.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-6434-3825>

² morozikkz@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0002-5091-5738>

³ docent_ik@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1295-1896>

Abstract. The purpose of the study is to develop an automation scheme for a grain drying complex. The article considers the problem of increasing the efficiency of product processing and storage in the agricultural sector. A comparative analysis of automation systems for grain drying complexes has been carried out. Based on the data obtained, a grain drying complex control station has been developed, which automatically ensures sequential activation of the transport equipment and components of the grain dryer in the direction opposite to the grain movement; stopping of all the units located along the grain flow in front of any stopped device on the line; software ignition of the furnace and its control; control of coolant temperature and grain heating; protection of electrical equipment from short circuits and overloads. The main feature of this

control scheme is the presence in its structure of the RDKS-04 device, which provides contactless remote control of speed, spinning, slipping and disruption of the band of the chain and bucket elevator, rapid automated access to the required operating modes, while reducing the requirements for the main part of the facility's personnel, concentrating responsibility for equipment management on the operator of the technological process. The control station was tested at the grain drying complexes in the Kurgan and Tyumen regions, which allowed it to be recommended for implementation in other regions of the Ural Federal District. The proposed engineering of the grain drying complex coordination station will provide centralized management and control of the process from the operator's workplace; automatic protection against erroneous operating modes of the equipment, eliminating the human factor; it will ensure increased safety and uninterrupted operation of the facility; it will increase the productivity of the technological facility and the cost-effectiveness of its operation; it will reduce the number of personnel involved in process management.

Keywords: louvered grain dryer, automation, control station, remote control, coolant, software ignition.

Acknowledgments: the work was funded by the budget of the Kurgan State University. No additional grants were received to conduct or direct this particular study.

For citation: Charykov V.I., Morozov V.A., Kopytin I.I. Engineering of the grain drying complex control station // Vestnik Kurganskoy GSHA. 2026; (2-58): 81-89. DOI: 10.52463/2227-4227_2026_58_81_89. EDN: BFLXSS. (In Russ).

Введение. Современный агропромышленный комплекс сталкивается с множеством вызовов, среди которых особое место занимает необходимость увеличения эффективности процессов обработки и хранения сельскохозяйственной продукции.

Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации предусматривает «создание новых технологий производства, переработки и хранения сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, которые соответствуют установленным экологическим, санитарно-эпидемиологическим, ветеринарным и иным требованиям, в целях обеспечения населения качественной и безопасной пищевой продукцией, их внедрение и использование» [1].

Актуальность данной темы обусловлена тем, что традиционные методы управления процессами сушки часто не соответствуют современным требованиям, предъявляемым к качеству и скорости обработки зерна. Существующие схемы автоматизации зачастую не учитывают специфику различных сельскохозяйственных культур, что приводит к неэффективному использованию оборудования и, как следствие, к снижению производительности. В условиях растущей конкуренции на рынке сельскохозяйственной продукции предприятиям необходимо внедрять современные технологии, которые позволят оптимизировать процессы и повысить их рентабельность [2; 3].

Анализ существующих технологий автоматизации выявил основные проблемы, с которыми сталкиваются предприятия агропромышленного комплекса. Необходимо найти недостатки существующих схем управления, которые могут приводить к сбоям в работе оборудования и снижению его надежности. Важным аспектом исследования является рассмотрение современных решений для улучшения автоматизации, включая использование доказавших свою надежность релейно-контактных систем управления, которые способны адаптироваться к изменяющимся условиям работы.

Целью работы является повышение эффективности процесса сушки зерна при использовании автоматизированной системы управления зерносушильным комплексом.

Объект исследования: автоматизация процесса сушки зерна в камерной жалюзийной сушилке непрерывного действия.

Предмет исследования: закономерности процесса автоматизации зерносушилки; взаимосвязи качественных показателей процесса сушки зерна с конструктивными и технологическими параметрами релейно-контактных элементов, используемых для автоматизации жалюзийной зерносушилки.

Исходя из поставленной цели, основной задачей исследования является обоснование режима работы жалюзийной зерносушилки в автоматическом режиме при использовании элементов релейной автоматики.

Материалы и методы. Существующие схемы автоматизации зерносушилок имеют множество недостатков, которые существенно снижают их эффективность и эксплуатационную надежность. Одной из главных проблем является устаревшая архитектура управления, затрудняющая применение более современных и гибких решений. Отсутствие возможности интеграции новых технологий затормаживает развитие и ограничивает адаптацию к изменяющимся условиям работы [4; 5].

Эффективность функционирования автоматизированных систем значительно зависит от срока службы оборудования и уровня его обслуживания. По результатам исследований системы управления, основанные на аналоговых компонентах – релейных схемах, менее устойчивы к повреждениям и отказам по сравнению с современными цифровыми системами. Инжиниринг систем управления зерносушильных комплексов – это уменьшение простоев, уменьшение затрат на их ремонт и обслуживание [6; 7].

Существующие системы зачастую не могут быстро реагировать на изменения во входных параметрах, таких как температура и влажность воздуха. Управление процессом сушки с использованием неподходящих технологий создает риски неравномерной обработки зерна, что негативно влияет на его качество. Например, перегрев зерна может привести к его повреждению, а недостаточная сушка снижает его качество при хранении [8].

Также существует проблема с интерфейсами и программным обеспечением, которые не созда-

ют достаточной гибкости для изменения настроек или адаптации к новым условиям работы. Пользователи вынуждены сталкиваться с большим количеством ограничений, что не позволяет проводить эксперименты с настройками и оптимизировать процессы. Более того, сложные системы требуют высококвалифицированных операторов для их обслуживания, что является дополнительным фактором, сдерживающим внедрение автоматизации [9].

Кроме того, финансовые затраты на импортные технологии являются одной из серьезных преград. В условиях экономической нестабильности многие владельцы зерносушилок не могут позволить себе значительные инвестиции в новое оборудование. Однако неэффективность существующих схем управления в конечном итоге приводит к еще большим расходам, связанным с эксплуатацией и обслуживанием устаревших систем.

Возможности для модернизации оборудования актуальны, когда используются новейшие методы управления и более совершенные технологии. Упрощение процессов и внедрение эффективных автоматизированных решений позволят снизить затраты на обслуживание и эксплуатацию, а также повысить надежность и эффективность работы оборудования [10]. Кроме того, использование современных автоматизированных решений даст возможность сократить время на настройку процессов, что, в свою очередь, увеличит конкуренцию среди зерносушилок.

Автоматизация зерносушилок включает в себя ряд технологических решений, обеспечивающих управление процессами сушки зерна. Современные технологии автоматизации направлены на оптимизацию работы зерносушильных комплексов и повышение качества конечного продукта. Механизмы управления могут быть как централизованными, так и децентрализованными.

Крайне важным элементом автоматизации является контроль влажности зерна. Для этого широко используются влагомеры, которые обеспечивают непрерывное измерение, позволяющее адаптировать параметры сушки в реальном времени. Автоматизированные системы управления (АСУ) способствуют корректировке температуры и скорости потоков воздуха, что является важным для сохранения качества зерна и снижения энергозатрат. Например, использование влагомеров позволяет поддерживать оптимальную влажность, минимизируя риски порчи зерна и снижая энергозатраты на сушку [11].

Однако внедрение новых технологий требует серьезного подхода к оценке их экономической эффективности. Необходимость в пересмотре затрат и модернизации оборудования зачастую становится основным сдерживающим фактором. Отсутствие квалифицированных специалистов

для настройки и обслуживания новых систем также приводит к замедлению процесса автоматизации, что вызывает уменьшение общей производительности.

Несмотря на это, переход на более современные системы автоматизации является важным шагом в повышении конкурентоспособности агросектора. Энергосберегающие технологии и автоматизированные системы контроля не только снижают затраты, но и значительно увеличивают эффективность работы зерносушилок, что положительно сказывается на конечном результате.

Для более точного контроля над процессами сушки внедряются различные сенсоры и датчики. Это решение позволяет не только оптимизировать процессы, но и улучшить качество конечного продукта. Например, датчики влажности могут информировать систему о текущем состоянии зерна, что допускает своевременную корректировку параметров сушки. Эти датчики имеют вероятность высокой точности и надежности, что критически важно для обеспечения качества зерна.

Результаты исследований и их обсуждение.

Для проектирования новой схемы автоматизации жалюзийной зерносушилки необходимо учитывать ключевые компоненты системы, работающие в синергии, чтобы обеспечить эффективное управление технологическим процессом. В данной схеме можно выделить несколько основных элементов.

Важной является система датчиков, которые непрерывно мониторят условия в камере сушки. Включение датчиков температуры и влажности позволит автоматизировать регулировку режимов работы и адаптировать процесс сушки под изменяющиеся внешние условия. Использование цифровых датчиков значительно повысит точность измерений и скорость реакции системы на изменения в процессах.

Второй элемент – исполнительные механизмы, такие как заслонки и вентиляторы. Они обеспечивают необходимый обмен воздухом и поддерживают установленные параметры сушки. Реализация системы автоматического управления положением жалюзи обеспечит оптимальные условия для циркуляции воздуха. Это особенно актуально для жалюзийных сушилок, поскольку именно от правильного регулирования жалюзи зависит эффективность работы всей установки [12].

Сочетание всех компонентов позволит внедрить плановую автоматизацию, обеспечивающую более гибкую реакцию на изменения в потоке зерна и окружающей среде. В перспективе проектируемая система будет включать в себя интерфейсы человек-машина (HMI), что позволит операторам визуализировать текущие данные и в ручном режиме корректировать процесс при необходимости.

Это улучшит пользовательский опыт и упростит обслуживание системы [13].

Безопасность и надежность системы также находятся на первом плане проектирования. Внедрение защитных функций, таких как аварийное отключение, обеспечит безопасность работников и оборудования. Системы автоматизации, обладающие функциями самодиагностики, будут минимизировать время простоя и повысят общую эффективность.

Таким образом, новая схема автоматизации жалюзийной зерносушилки благодаря современным технологиям и компонентам обеспечит оптимальные условия для сушки зерна, повысит производительность и снизит энергозатраты.

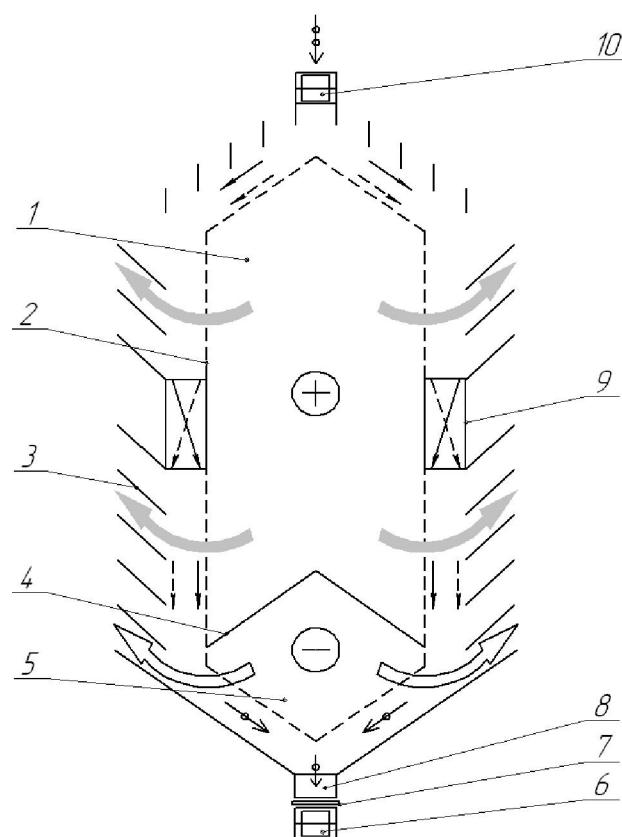
Интеграция всех перечисленных пунктов позволит создать надежную, высокоэффективную систему, способную адаптироваться к изменениям, как в процессе сушки, так и во внешней среде.

Кроме того, использование децентрализованных систем управления, основанных на микроэлектронных вычислительных машинах, способствует более эффективному проведению процессов, чем традиционные централизованные системы. Такие подходы позволяют внедрить новые методы контроля, включая аспирационные камеры и сигнализаторы, которые отслеживают уровень зерна, его температуру и влажность [14].

На основании анализа функциональной схемы разработана принципиальная модель управления жалюзийной зерносушилки (рисунок 1). При проектировании алгоритма были учтены ключевые компоненты системы, работающие в синергии, чтобы обеспечить эффективное управление технологическим процессом.

Станция автоматического управления зерносушильным комплексом (ЗК) является модернизацией станции, разработанной в 2015 году в ФГБОУ ВО «Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т. С. Мальцева» [9].

Станция автоматического управления (рисунок 2, 3) обеспечивает: последовательность пуска транспортирующего оборудования (загрузочных и выгрузных норий); остановку всех элементов, предшествующих по потоку зерна по любому остановившемуся механизму в линии; возможность ручного включения и отключения любого механизма при наладке без соблюдения технологических блокировок; программный розжиг топки и контроль ее работы; контроль температуры теплоносителя и нагрев зерна; защиту электрооборудования от токов короткого замыкания и перегрузок; работу разгрузочных устройств шахт и охладительных колонок сушилки; световую сигнализацию [16].



1 – камера нагрева; 2 – внутренняя перфорированная стенка; 3 – наружная жалюзийная стенка; 4 – перегородка; 5 – камера охлаждения; 6 – выгрузной транспортер; 7 – каретка; 8 – приемники-сливы; 9 – инвертор; 10 – загрузочный транспортер

Рисунок 1 – Конструктивно-функциональная схема жалюзийной зерносушилки [9; 15]

1 – heating chamber; 2 – internal perforated wall; 3 – external louvered wall; 4 – partition; 5 – cooling chamber; 6 – unloading conveyor; 7 – trolley; 8 – drain; 9 – inverter; 10 – loading conveyor

Figure 1 – Structural and functional diagram of a louvered grain dryer [9; 15]

В схеме (рисунки 1, 2) используется следующее оборудование: влагомер ФАУНА, или SONO – VARIO, уровнемер сыпучих материалов серии ULM -70N, или DLM – 35N; датчики перемещения серии DWPM; сигнализатор сыпучих материалов IL-LA-N; датчики температуры зерна 2TPM, или TMN.

Отличительной особенностью схемы управления (рисунки 1, 2) от схемы управления, разработанной ранее [9], является наличие в ее структуре устройства контроля скорости потока зерна РДКС -04. Реле контроля скорости РДКС-04 предназначено для бесконтактного дистанционного контроля скорости, пробуксовки, проскальзывания и разрыва ленты загрузочной и выгрузочной нории.

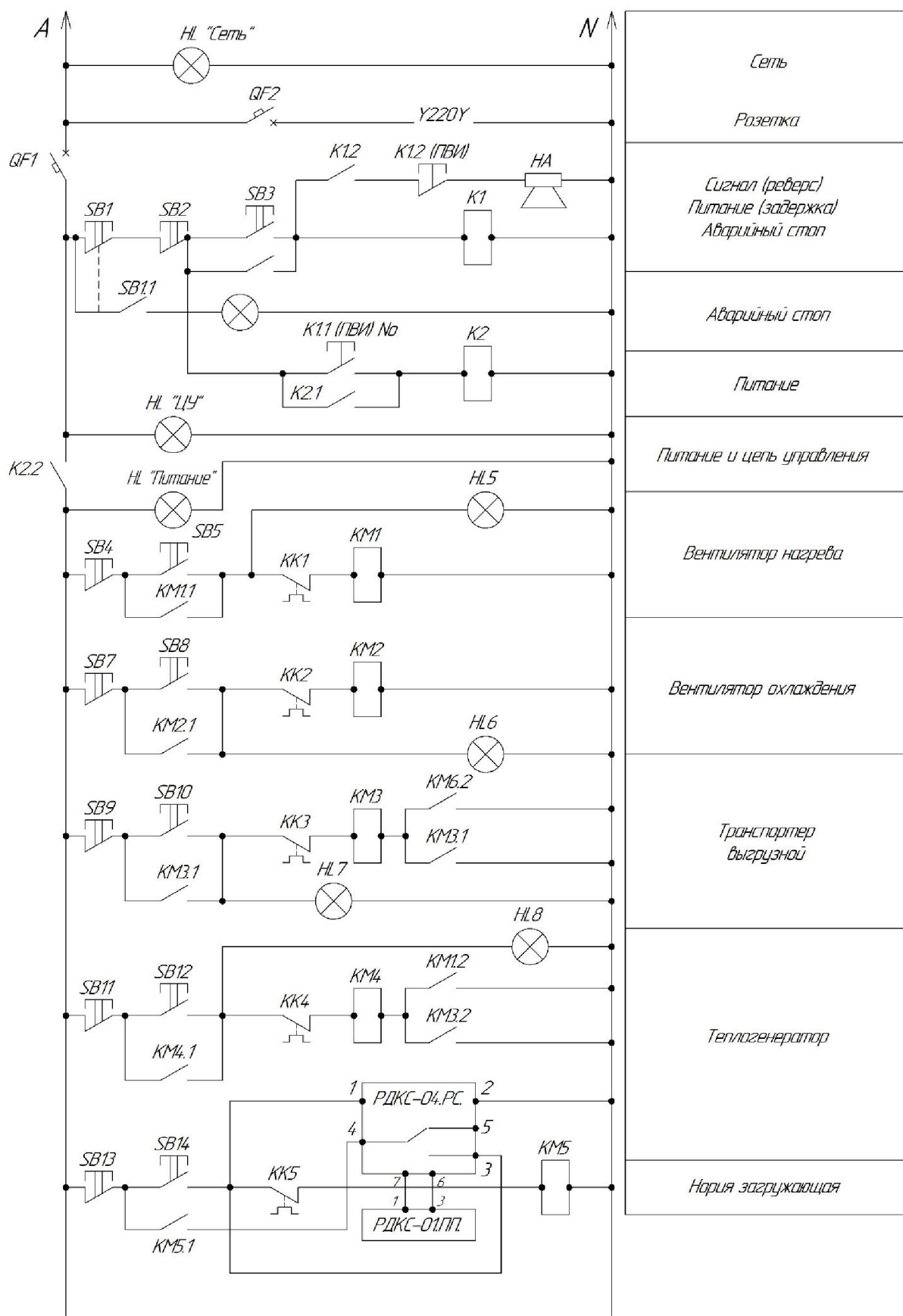


Рисунок 2 – Принципиальная электрическая схема станции управления
зерносушильным комплексом (ЗК)
Figure 2 – Schematic circuit diagram of the grain drying complex control station

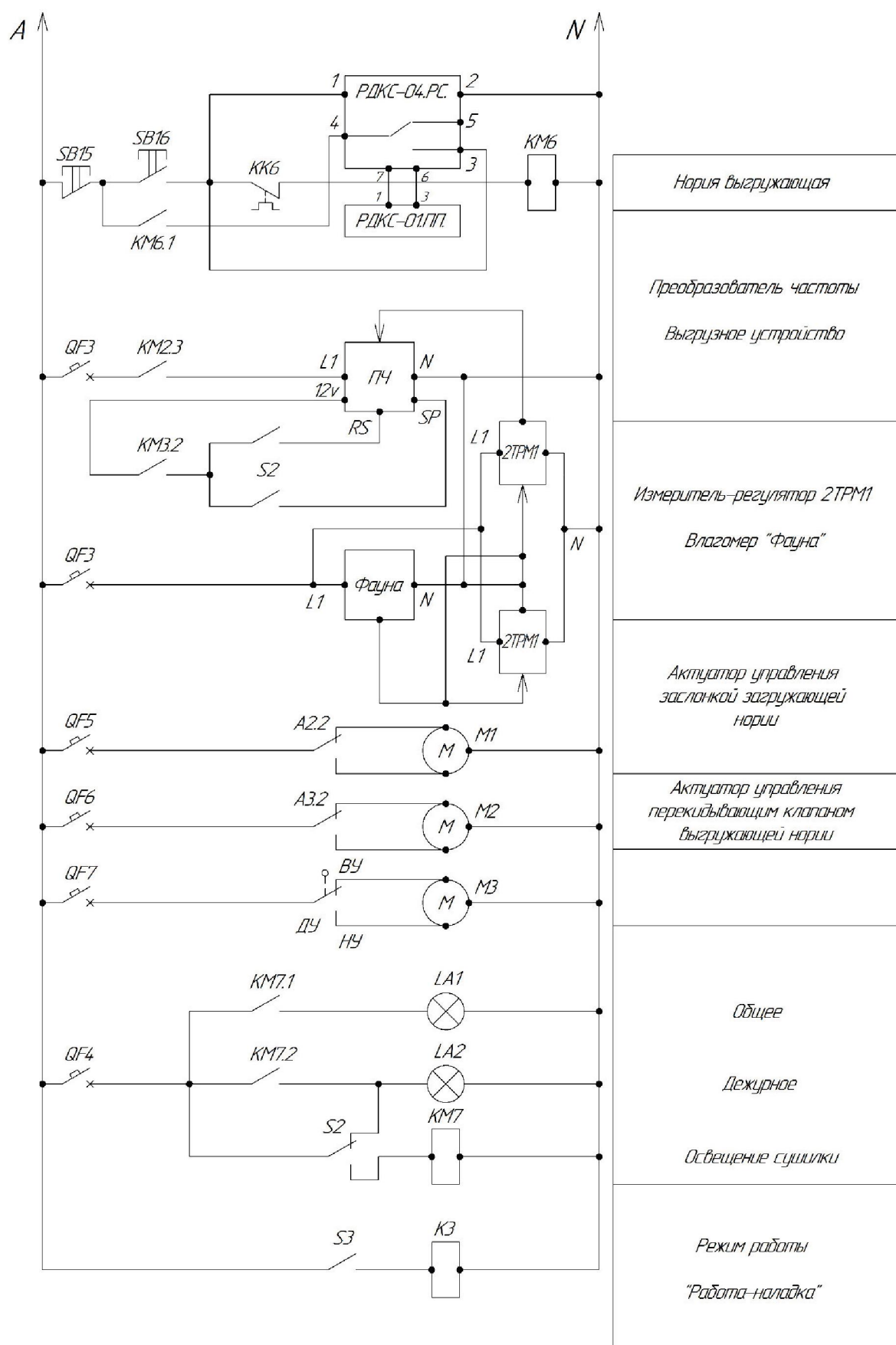


Рисунок 3 – Принципиальная электрическая схема станции управления зерносушильным комплексом (режим выгрузки ЗК)
 Figure 3 – Schematic circuit diagram of the grain drying complex control station (unloading mode of the grain drying complex)

Технические риски, такие как высокая стоимость эксплуатации современных автоматизированных систем, необходимо учитывать. Появление новых технологий требует больших первоначальных инвестиций и часто связанной с ними организованной поддержки со стороны квалифицированного персонала. Продолжительная зависимость от внешних поставщиков технологий может затруднить процесс модернизации и повысить эксплуатационные расходы, в том числе из-за необходимости обучения персонала [17]. Противодействие данному риску возможно через целенаправленное обучение и развитие внутреннего профессионального потенциала.

Кроме того, существуют вызовы, связанные с недостаточной производительностью систем и возможными сбоями в их работе из-за несовместимости новых и устаревших решений. Неоправданные ожидания по отношению к скорости внедрения могут привести к разочарованию и снижению морального духа работников. Это обстоятельство делает важным мониторинг процессов на этапе внедрения и своевременной адаптации новшеств к реальным условиям работы.

Важно учитывать, что успешная модернизация системы автоматизации должна идти согласованно с улучшением общей организационной структуры предприятия. Снижение зависимости от внешних решений через развитие собственных технологий и идеологий может значительно повысить гибкость и управляемость процесса. Акцент на реализацию конкретных потребностей автоматизации, а не на самоцелевую автоматизацию, позволяет избежать распространенных ошибок.

Заключение. Таким образом, разработанная схема автоматизации жалюзийной зерносушилки на релейных элементах обеспечит оптимальные условия для сушки зерна, повысит производительность и снизит энергозатраты. Интеграция всех перечисленных выше пунктов позволит создать надежную, высокоэффективную систему, способную адаптироваться к изменениям, как в процессе сушки, так и во внешней среде. Проектирование новой схемы автоматизации стало важным этапом в исследовании. В результате анализа существующих схем управления были предложены изменения, которые позволяют избежать сбоев и увеличить производственные показатели. Внедрение новых технологий и методов управления позволит не только улучшить качество сушки, но и сократить затраты на энергию и ресурсы, что является важным фактором в условиях современного агропромышленного производства.

Стоит отметить, что основной целью применения автоматизированной системы управления (АСУ) процессом сушки зерна является его сохранение, энергосбережение и эффективное исполь-

зование энергоресурсов за счет оптимального управления процессом. В то же время относительная простота и невысокая стоимость проектирования, а также возможность поэтапного наращивания системы делают ее привлекательной и оптимальной для задач управления и реконструкции уже используемых для сушки зерна в жалюзийных зерносушилках.

Представленные в статье обобщения и аналитические материалы могут быть использованы в качестве методологической основы при принятии проектных решений, связанных с разработкой и внедрением микропроцессорных систем управления зерносушильными комплексами.

Список источников

1. Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации: указ Президента РФ от 21 января 2020 г. N 20 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73338425/> (дата обращения: 10.10.2025).
2. Чарыков В.И., Соколов С.А., Евдокимов А.А. Ресурсосберегающая технология и технические средства восстановления эксплуатационных свойств смазочно-охлаждающих жидкостей // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 3. С. 33-36. EDN: VPWKUL.
3. Оптимизация режимов работы зерносушилки контактного типа / А.А. Павлушин [и др.] // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2020. Т. 13. № 2 (65). С. 22-31. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.2.22. EDN: UJWQXF.
4. Павлов С.А., Фролова Т.Ф. Исследования сушки зерна в автоматизированном зерносушильном агрегате // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 12. № 4. С. 29-34. DOI: 10.22314/2073-7599-2018-12-4-29-34. EDN: XZIZCP.
5. Муравьев А.В., Осипов В.В., Светлаков А.А. Анализ процесса сушки зерна с целью создания адаптивной системы управления // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2005. № 3 (11). С. 115-122. EDN: PFSLYV.
6. Способ автоматического управления зерносушилкой и устройство для его осуществления: пат. RU2656531C1 Рос. Федерация. МПК F26 В 25/22 / Голубкович А.В., Павлов С.А., Беленькая Л.И., Марин Р.А., Ковехов Р.А.; заявл. 26.05.2017; опубл. 05.06.2018, Бюл. № 16.
7. Попов И.П., Чумаков В.Г., Терентьев А.Д. Редукция мощности привода решетных сортировальных машин // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политех-

нического университета. 2015. №2 (219). С. 175-181. DOI: 10.5862/JEST.219.19. EDN: RXTGOC.

8. Наумов И.В., Подъячих С.В. Комбинированное техническое средство для повышения качества и снижения потерь электроэнергии в низковольтных электрических сетях // Вестник Курганской ГСХА. 2024. № 1 (49). С. 69-80. EDN: ZPHZRH.

9. Чарыков В.И., Чумаков В.Г., Соколов С.А. Автоматизация сушки зерна в камерной жалюзийной зерносушилке // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 7. С. 183-186. EDN: YIKNIL.

10. Автоматизация зерносушилок [Электронный ресурс]. URL: <https://rusautomation.ru/catalog/documents/avtomatizaciya-zernosushilok-obzor.pdf> (дата обращения: 10.10.2025).

11. Чарыков В.И., Фахргалеев Ф.Р., Новикова В.А. Цифровизация процесса симметрирования нагрузки в сельских электрических сетях // Вестник Курганской ГСХА. 2021. № 2 (38). С. 76-80. DOI: 10.52463/22274227_2021_38_76. EDN: VZPUQF.

12. Гуляев Г.А. Автоматизация процессов послеуборочной обработки и хранения зерна. М.: Агропромиздат, 1990. 239 с.

13. Автоматизация технологического процесса сушки зерна / С.К. Манасян [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2011. № 1 (52). С. 149-152. EDN: NDDVOZ.

14. Vozmilov A.G., Evdokimov A.A., Charykov V.I. Simulation of Semiconductor Converter for Electromagnetic Separator // Proceedings - 2020 International Ural Conference on Electrical Power Engineering. 2020. P. 459-463. DOI: 10.1109/UralCon49858.2020.9216262. EDN: FPATJQ.

15. Чарыков В.И., Чумаков В.Г., Соколов С.А. Некоторые аспекты автоматизации жалюзийных зерносушилок // Достижения науки - агропромышленному производству: материалы LV международной научно-технической конференции. Ч. 3. Челябинск: Изд-во Южно-Уральского ГАУ, 2016. С. 285-291. EDN: WQNTQD.

16. Электрическая схема управления зерносушильным комплексом / В.И. Чарыков [и др.] // Методы механики в решении инженерных задач: материалы I Всероссийской научно-практической конференции. Лесниково: Изд-во Курганской ГСХА, 2017. С. 113-118. EDN: ZVXTZB.

17. Чумаков В.Г., Жанахов А.С. Сушка зерна в камерных зерносушилках непрерывного действия: монография. Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2013. 120 с.

Decree of the President of the Russian Federation of January 21, 2020 No. 20 [Internet]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73338425/> (accessed: 10.10.2025). (In Russ).

2. Charykov V.I., Sokolov S.A., Evdokimov A.A. Resursosberegayushchaya tekhnologiya i tekhnicheskie sredstva vosstanovleniya ehkspluatatsionnykh svoystv smazочно-okhlazhdayushchikh zhidkostei [Resource-saving technology and technical means for restoring the performance properties of cutting fluids]. *Tractors and agricultural machinery*. 2016; (3): 33-36. EDN: VPWKUL. (In Russ).

3. Pavlushin A.A. [et al.] Optimizatsiya rezhimov raboty zernosushilki kontaktnogo tipa [Optimization of operating modes of a contact-type grain dryer]. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2020; 13(2-65): 22-31. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.2.22. EDN: UJWQXF. (In Russ).

4. Pavlov S.A., Frolova T.F. Issledovaniya sushki zerna v avtomatizirovannom zernosushil'nom agregate [Research of grain drying in an automated grain drying unit]. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2018; 12(4): 29-34. DOI: 10.22314/2073-7599-2018-12-4-29-34. EDN: XZIZCP. (In Russ).

5. Muravyov A.V., Osipov V.V., Svetlakov A.A. Analiz protsessa sushki zerna s tsel'yu sozdaniya adaptivnoi sistemy upravleniya [Analysis of the grain drying process to create an adaptive control system]. *Doklady Tomskogo gosudarstvennogo universiteta sistem upravleniya i radioehlektroniki*. 2005; 3(11): 115-122. EDN: PFSLYV. (In Russ).

6. Method of automatic control of a grain dryer and device for its implementation [Sposob avtomaticheskogo upravleniya zernosushilkoi i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya]: Pat. RU2656531C1 Rus. Federation. MPK F26 B 25/22 / Golubkovich A.V., Pavlov S.A., Belenkaya L.I., Marin R.A., Kovekhov R.A.; dec. 26.05.2017; publ. 05.06.2018, Bul. No. 16. (In Russ).

7. Popov I.P., Chumakov V.G., Terentyev A.D. Reduktsiya moshchnosti privoda reshetnykh sortiroval'nykh mashin [Reduction of drive power of screen sorting machines]. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta*. 2015; 2(219): 175-181. DOI: 10.5862/JEST.219.19. EDN: RXTGOC. (In Russ).

8. Naumov I.V., Podyachikh S.V. Kombinirovannoe tekhnicheskoe sredstvo dlya povysheniya kachestva i snizheniya poter' ehlektroenergii v nizkovo'ltnykh ehlektricheskikh setyakh [A combined technical means for improving quality and reducing power losses in low-voltage electrical networks]. *Vestnik Kurganskoy GSHA*. 2024; 1(49): 69-80. EDN: ZPHZRH. (In Russ).

References

1. Ob utverzhdenii Doktriny prodovol'stvennoi bezopasnosti Rossiiskoi Federatsii [On approval of the Doctrine of Food Security of the Russian Federation]:

9. Charykov V.I., Chumakov V.G., Sokolov S.A. Avtomatizatsiya sushki zerna v kamernoi zhalyuziinoi zernosushilke [Automation of grain drying in a chamber louver grain dryer]. *Vestnik of Kursk State Agricultural Academy*. 2015; (7): 183-186. EDN: YIKNIL. (In Russ).

10. Avtomatizatsiya zernosushilok [Automation of grain dryers] [Internet]. URL: <https://rusautomation.ru/catalog/documents/avtomatizatsiya-zernosushilok-obzor.pdf> (accessed: 10.10.2025). (In Russ).

11. Charykov V.I., Fakhrigaleev F.R., Novikova V.A. Tsifrovizatsiya protsessa simmetrirovaniya nagruzki v sel'skikh ehlektricheskikh setyakh [Digitalization of the load balancing process in rural electrical networks]. *Vestnik Kurganskoy GSXA*. 2021; 2(38): 76-80. DOI: 10.52463/22274227_2021_38_76. EDN: VZPUQF. (In Russ).

12. Gulyaev G.A. Avtomatizatsiya protsessov posleuborochnoi obrabotki i khraneni zerna [Automation of post-harvest processing and grain storage processes]. Moscow: Agropromizdat, 1990: 239. (In Russ).

13. Manasyan S.K. [et al.] Avtomatizatsiya tekhnologicheskogo protsessa sushki zerna [Automation of the grain drying process]. *The Bulletin of KrasGAU*. 2011; 1(52): 149-152. EDN: NDDVOZ. (In Russ).

14. Vozmilov A.G., Evdokimov A.A., Charykov V.I. Simulation of Semiconductor Converter for Electromagnetic Separator. *Proceedings - 2020 International Ural Conference on Electrical Power Engineering*. 2020: 459-463. DOI: 10.1109/UralCon49858.2020.9216262. EDN: FPATJQ. (In Russ).

15. Charykov V.I., Chumakov V.G., Sokolov S.A. Nekotorye aspekty avtomatizatsii zhalyuziinykh zernosushilok [Some aspects of automation of louvered grain dryers]. *Proceedings of the LV International Scientific and Technical Conference «Achievements of Science for Agro-Industrial Production»*. Chelyabinsk: Yuzhno-Ural'skii GAU; 2016: 285-291. EDN: WQNTQD. (In Russ).

16. Charykov V.I. [at al.] Ehlektricheskaya skhema upravleniya zernosushil'nym kompleksom [Electrical control circuit for a grain drying complex]. *Proceedings of the 1st All-Russian Scientific and Practical Conference «Methods of Mechanics in Solving Engineering Problems»*. Lesnikovo: Kurganskaya GSKHA, 2017. С. 113-118. EDN: ZVXTZB. (In Russ).

17. Chumakov V.G., Zhanakhov A.S. Sushka zerna v kamernykh zernosushilkakh nepreryvnogo deistviya [Drying grain in continuous chamber grain dryers]: monograph. Kurgan: Kurganskaya GSKHA; 2013: 120. (In Russ).

ВКЛАД АВТОРОВ

Чарыков В.И. – научное руководство; концепция исследования; развитие методологии; написание исходного текста; итоговые выводы.

Морозов В.А. – участие в разработке принципиальной схемы станции управления и ее реализация; доработка текста; итоговые выводы.

Копытин И.И. – участие в разработке принципиальной схемы станции управления; доработка текста.

AUTHOR CONTRIBUTION

Charykov, V.I. – scientific guidance; research concept; development of methodology; writing the original text; final conclusions.

Morozov, V.A. – participation in the development of the schematic diagram of the control station and its implementation; revision of the text; final conclusions.

Kopytin, I.I. – participation in the development of the schematic diagram of the control station; revision of the text.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that there is no conflict of interest.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

В работе отсутствуют исследования человека или животных.

COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS

There are no human or animal studies in the work.

Информация об авторах

В.И. Чарыков – доктор технических наук, профессор; AuthorID 778355.

В.А. Морозов – кандидат сельскохозяйственных наук; AuthorID 1027791.

И.И. Копытин – кандидат технических наук; AuthorID 841114.

Information about the author

V.I. Charykov – Doctor of Technical Sciences, Professor; AuthorID 778355.

V.A. Morozov – Candidate of Agricultural Sciences; AuthorID 1027791.

I.I. Kopytin – Candidate of Technical Sciences; AuthorID 841114.

Статья поступила в редакцию 24.10.2025; одобрена после рецензирования 05.12.2025; принята к публикации 18.06.2026.

The article was submitted 24.10.2025; approved after reviewing 05.12.2025; accepted for publication 18.06.2026.