

ИНТЕГРАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ КРАНОВЫХ СИСТЕМ С ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ АПК

Сидорова Л.И., кандидат технических наук, доцент

Сидоров Е.А., кандидат технических наук, доцент

Бобров Д.В., магистрант, тел. 8(8422) 55-95-90, lis.ulgau@mail.ru

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

Ключевые слова: автоматизированные крановые системы, агропромышленный комплекс, интеграция, логистика, погрузо-разгрузочные операции, система Warehouse Control Software, автоматизация.

В данной работе были изучены существующие технологии автоматизации крановых механизмов, микроконтроллерные решения для управления погрузо-разгрузочными операциями, а также промышленные протоколы передачи данных.

Введение. Возрастающее продовольственное потребление и необходимость повышения эффективности заставляют агропредприятия оптимизировать цепочки поставок и транспортно-логистические процессы. При этом развитие аграрного сектора в значительной мере зависит от условий его транспортно-логистического обеспечения. Логистика АПК охватывает весь цикл движения материальных потоков – от поступления семян, кормов, удобрений и ГСМ до доставки готовой продукции на рынок [1]. Транспортно-складская инфраструктура агросектора имеет свою специфику: большие объемы грузов, выраженную сезонность работ, необходимость аккумуляирования и хранения партий продукции (запасов и резервов), концентрированные потоки на разгаре сезонов. Поэтому интеграция автоматизированных крановых систем с транспортными и складскими комплексами позволяет обеспечить быструю обработку грузопотока, своевременное пополнение сырьевых запасов и надежную доставку товаров потребителям.

Материалы и методы исследований. Материалом для исследований послужили современные научные публикации, а также нормативная документация в области автоматизации и интеграции крановых систем с транспортно-логистическими комплексами агропромышленного сектора. В рамках анализа были изучены существующие технологии автоматизации крановых механизмов, микроконтроллерные решения для управления погрузо-разгрузочными операциями, а также промышленные протоколы передачи данных. В ходе исследования использовались статистические данные по эффективности эксплуатации автоматизированных крановых систем в АПК, результаты внедрения интеллектуальных логистических комплексов, а также практические отчёты аграрных предприятий, успешно применяющих автоматизированные крановые решения в своих складских и транспортных процессах.

Результаты исследований и их обсуждение. Интеграция означает объединение оборудования и информационных потоков в единую управляемую среду. Это достигается через общий обмен данными и координацию работы всех звеньев логистики. В такой системе датчики крановых устройств сообщают контроллерам о положении и состоянии грузов, а управляющие программы распределяют задания кранам в соответствии с заказами на склад и маршрутизацией транспорта. Например, система Warehouse Control Software (WCS) может в реальном времени управлять PLC кранов и обеспечивать двунаправленную связь с вышестоящим ПО (WMS/ERP/MES), связывая планирование заказов и выполнение крановых операций. Модульное WCS позволяет синхронизировать работу различных автоматизированных подсистем (стрелочные краны, AGV, конвейеры, робототехника) и обмениваться данными для увеличения пропускной способности и снижения ошибок. Таким образом, краны не работают изолированно, а становятся частью единой системы управления цепочкой поставок.

Технические средства интеграции: 1. датчики - в интегрированных комплексах устанавливаются сенсоры положения (энкодеры, лазерные дальномеры), датчики грузоподъемности (тензометрические датчики веса), RFID-метки для идентификации контейнеров и грузовых единиц, а также видеокамеры и сканеры

штрихкодов для контроля содержимого. Эти сенсоры формируют поток данных о процессе перемещения грузов; 2. контроллеры - основным «мозгом» крановых устройств являются промышленные контроллеры (PLC), которые принимают сигналы от датчиков, управляют двигателями (приводом стелы, подъема груза) и реализуют логику перемещения. Контроллеры могут быть объединены в сеть и связаны со SCADA-системой или WCS для централизованного надзора и управления; 3. протоколы связи - для передачи данных и команд используются промышленные протоколы. Так, старое оборудование часто работает по Modbus-RTU/CAN, но современные решения включают поддержку Ethernet/IP и беспроводных протоколов. В частности, архитектуры IoT используют MQTT для передачи телеметрии и объединения устройств в облачные платформы. Гибридные системы показали возможность объединять Modbus-совместимые контроллеры с MQTT-брокерами, что позволяет модернизировать унаследованную инфраструктуру с минимальными затратами. Распространен также промышленный протокол CANbus для связи в мобильной технике, а OPC UA и PROFINET используются на уровне заводской автоматизации; 4. системы управления - на верхнем уровне действуют SCADA/MES-системы. SCADA обеспечивает мониторинг и визуализацию работы крановых комплексов, а MES (WMS) планирует и координирует операции, распределяя задания между кранами, конвейерами и автотранспортом. В интегрированных логистических комплексах MES может напрямую инициировать перевозки и запасать информацию о движении грузов, а SCADA контролирует фактическое выполнение задач устройствами [2].

В российских и зарубежных агрокомпаниях (зерновые элеваторы, фасовочные центры, упаковочные предприятия) существуют примеры интеграции крановых систем с умными складами: автокраны и мостовые краны взаимодействуют с конвейерами и системами складирования, что позволяет автоматизировать погрузку/разгрузку машин и контейнеров. Например, системы дистанционного управления кранами на базе RFID и датчиков положения внедряются на свинофермах и молочных комплексах, где роботы и манипуляторы перемещают корм и отсортированное сырье, обеспечивая непрерывность цикла производства.

Интеграция крановых систем с логистикой дает заметный экономический эффект. Пропускная способность комплекса может вырасти на десятки процентов: автоматизированные краны обрабатывают грузы быстрее и непрерывно, уменьшая «узкие места». Так, интеграция ИИ-систем помогла оптимизировать операции по погрузке/разгрузке контейнеров в портах, ускорив обработку грузов примерно на 30 %. Снижение трудозатрат и ошибок: комплексные системы управления существенно упрощают работу оператора и снижают влияние человеческого фактора. По оценкам разработчиков WCS, их ПО повышает производительность труда и уменьшает число ошибок при управлении складскими операциями. Улучшенное планирование: автоматизированные решения способны прогнозировать потребности и оптимизировать маршруты. Применение ИИ-алгоритмов позволяет точнее планировать доставку урожая и снижать затраты на логистику: маршруты рассчитываются с учётом минимизации времени и расхода топлива [3]. Кроме того, интеграция ускоряет учёт и перемещение товарно-материальных ценностей (контролируемое формирование партий, FIFO/ LIFO-управление), что повышает качество обслуживания и снижает потери. Иными словами, единая цифровая система планирования и контроля увеличивает надежность и гибкость логистических цепочек агропредприятия.

Несмотря на преимущества, существует ряд серьезных вызовов:

1. Технические: модернизация устаревшей инфраструктуры (рельсовых путей, стеллажей, систем электропитания) требует значительных инвестиций и времени. Интеграция новых кранов часто осложняется несовместимостью с существующим оборудованием и низкой надежностью в условиях аграрных условий (загрязненная среда, сезонные нагрузки). 2. Организационные: внедрение интегрированных систем требует переквалификации персонала, изменения бизнес-процессов и перестройки логистики. Отсутствие опытных кадров по промышленной автоматизации и высокие капитальные затраты могут тормозить проекты. К тому же, меньшим фермерским предприятиям не всегда по карману дорогостоящее автоматизированное оборудование и IT-инфраструктура. 3. Кибербезопасность: интеграция IT/OT-систем вносит новые векторы угроз. Как отмечают эксперты, умное сельское хозяйство становится частью «Индустрии 4.0», что сопряжено с

рисками кибератак. Нарушения в защищенности систем управления могут вывести из строя цепочки поставок продукции и подвергнуть опасности продовольственную безопасность. Реальные случаи (например, кибератаки на предприятия АПК) показывают, что безопасность данных и коммуникаций должна стать приоритетом при автоматизации.

Внедрение новейших цифровых технологий расширяет возможности интегрированных систем: - Интернет вещей (IoT): развертывание сенсорных сетей позволяет в реальном времени отслеживать состояние грузов (температуру, местоположение, влажность) и техники. IoT создает «цифровую нервную систему» предприятия, объединяя крановую технику с другими логистическими узлами [4]. - Big Data: анализ больших массивов данных (объемов производства, запасов, транспортных потоков) способствует более точному прогнозированию спроса и планированию складских операций. В агрологистике это помогает адаптироваться к сезонным колебаниям и снижать избыточные запасы. - Искусственный интеллект: на основе ИИ-систем автоматически оптимизируются маршруты доставки, распределяются задачи кранам и конвейерам, а также прогнозируется спрос на агропродукцию. Передовые алгоритмы помогают планировать операционные графики и выявлять аномалии в логистических потоках. - Облачные платформы: централизованные сервисы позволяют хранить и обрабатывать данные с полей, складов и транспорта. Облачные решения обеспечивают доступ к информации из любой точки и способствуют внедрению цифровых двойников логистических цепочек (Digital Twin), повышая прозрачность и управляемость процессов.

Заключение. Интеграция автоматизированных крановых систем с транспортно-складской инфраструктурой АПК является перспективным направлением повышения эффективности агропроизводства. Совокупность высокотехнологичных решений (SCADA/MES, IoT, роботы-погрузчики, интеллектуальные системы) позволяют существенно увеличить пропускную способность складов и повысить точность планирования. В результате снижаются трудозатраты и потери продукции, а цепочки поставок становятся более гибкими и предсказуемыми. Вместе с тем необходимо преодолеть

технические и организационные барьеры – от доработки инфраструктуры до решения задач информационной безопасности. В дальнейшем развитие цифровых технологий (Internet of Things, Big Data, искусственный интеллект, облачные платформы) будет стимулировать углубление интеграции и открывать новые возможности для автоматизации транспортно-логистических процессов.

Библиографический список:

1. Сидоров Е.А. Применение логистического подхода управления для инженерно-технического обеспечения аграрного производства / Е.А. Сидоров, Л.И. Сидорова, А.Ю. Ракова // Актуальные вопросы аграрной науки: сборник материалов национальной научно-практической конференции. Ульяновск, 2021. С. 408-411.
2. Меняющийся ландшафт искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. – 2024. – URL: <https://www.ultralytics.com/ru/blog/the-changing-landscape-of-ai-in-agriculture> (дата обращения: 10.05.2025)
3. Уханов, А.П. Теоретическая оценка эксплуатационных показателей машинно-тракторных агрегатов при работе дизеля на различных видах бионефтяного топлива/ А.П. Уханов, Е.А. Сидоров, Л.И. Сидорова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2023. - № 3 (63). - С. 236-242.
4. Verdouw C., Sundmaeker H., Tekinerdogan B., Conzon D., Montanaro T. Architecture framework of IoT-based food and farm systems: A multiple case study // Computers and Electronics in Agriculture. – 2019. – Vol.165.

INTEGRATION OF AUTOMATED CRANE SYSTEMS WITH TRANSPORT AND WAREHOUSE INFRASTRUCTURE OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

Sidorova L.I., Sidorov E.A., Bobrov D.V.

Keywords: *automated crane systems, agro-industrial complex, integration, logistics, loading and unloading operations, Warehouse Control Software system, automation.*

This work examined existing technologies for the automation of crane mechanisms, microcontroller solutions for managing loading and unloading operations, as well as industrial data transfer protocols.