

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНВЕЙЕРНЫХ ЛИНИЙ

В.В. Дмитриева¹, И.Ф. Авхадиев¹, П.Е. Сизин²

¹ РГУ Нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, Москва, Россия, e-mail: dm-valeriya@yandex.ru

² ИБО НИТУ «МИСиС», Москва, Россия

Аннотация: Рассмотрены основные задачи, требующие решения при автоматизации технологических процессов на конвейерных линиях. Это получение точных данных от различного оборудования конвейеров, весов, счетчиков и поступление всей информации на АРМ диспетчера; возможность управления конвейерной линией, а также отдельным конвейером с АРМ диспетчера; экстренная остановка оборудования; контроль состояния приводов, ленты, натяжного устройства. Основными факторами, осложняющими автоматизацию конвейерных линий, являются распределенность системы конвейеров в пространстве, разнообразие технологических схем; разнотипность конвейеров; разнотипность приводов конвейеров по числу и типу двигателей и т.д. Система автоматизации должна быть построена по классической трехуровневой схеме. При создании АСУ ТП должны быть применены современные программно-технические комплексы (ПТК), разрабатываемые отечественными производителями, один из которых рассмотрен. ПТК может позволить решить все задачи контроля и управления технологическими процессами во всех режимах работы конвейерной линии. Он может быть применен и для вновь строящихся, и для реконструируемых объектов. Основой ПТК являются программируемые логические контроллеры, которые поддерживают среднюю и распределенную автоматизацию. Рассмотрены некоторые контроллеры российского производства. Для АСУ ТП может быть выбран контроллер REGUL500. Контроллер отличается очень высоким быстродействием, надежностью, способностью работать в распределенных системах в режиме реального времени. Кроме того достоинствами контроллеров REGUL500 являются: высокая точность измерительных каналов; возможность горячей замены модулей всех типов; устойчивость к внешним воздействиям. Контроллер REGUL имеет комплект различных российских сертификатов соответствия.

Ключевые слова: ленточный конвейер, АСУ ТП, автоматизация конвейерного транспорта, ПТК, программируемый логический контроллер, REGUL500.

Для цитирования: Дмитриева В. В., Авхадиев И. Ф., Сизин П. Е. Использование современных программно-технических комплексов для автоматизации конвейерных линий // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 2. – С. 150–163. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-2-0-150-163.

Use of advance hardware/software in multiple conveyor system automation

V.V. Dmitrieva¹, I.F. Avkhadiev¹, P.E. Sizin²

¹ Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), Moscow, Russia, e-mail: dm-valeriya@yandex.ru

² Institute of Basic Education, National University of Science and Technology «MISiS», Moscow, Russia

Abstract: The main objectives to be met in automation of process flows in multiple conveyor systems are described. These objectives include acquisition of exact data from conveyor equipment, scales and meters and transfer of the data to automation control operator panel; controllability of a conveyor from the automation control operator panel; emergency stop of equipment; monitoring of drives, belt and takeup. The main constraints of conveyor automation are spatial branching of conveyors, diversity of process flows and types of conveyors and drives in terms of the number and type of motors, etc. An automation system should have the classical three-level architecture. Engineering an automated control system for a process flow should use the advance hardware/software of domestic design and manufacture. One such hardware/software system can solve all objectives of monitoring and control over process flows on all operating modes of a conveyor both in modernization and construction. A hardware/software system is based on the programmable logical controllers which maintain average and distributed automation. This article discusses some Russian-made controllers. The automated control of process flows can use controller REGUL500. The controller features high speed, reliability and real-time serviceability in distributed systems. The other advantages of controllers REGUL500 are high precision of measurements, hot swapping of all modules and resilience. Controller REGUL possesses various Russian certificates of conformity.

Key words: belt conveyor, automated control system for process flows, conveyor transport automation, programmable logical conveyor.

For citation: Dmitrieva V. V., Avkhadiev I. F., Sizin P. E. Use of advance hardware/software in multiple conveyor system automation. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(2):150-163. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-2-0-150-163.

Введение. Автоматизация горно-технологических процессов

Существенная особенность горно-технологических процессов — это, во-первых, пространственный характер горных работ, поскольку в рамках одного предприятия горные работы ведутся на нескольких пластах, рудных жилах, горизонтах; во-вторых, мобильность; в-третьих, опасные и тяжелые условия труда людей и функционирования технических систем, в числе которых внезапные выбросы угля, породы и газа, пожароопасность некоторых полезных ископаемых, интенсивное выделение метана, создающего взрывоопасные условия в выработках, выделение ядовитых газов из горных пород, при работе машин и ведении взрывных работ, выделение пыли, опасной для организма человека и в ряде случаев — взрывоопасной, обрушения горных пород и горные удары [1].

Функционирование каждого очистного забоя не может осуществляться автономно, оно зависит от работы объектов шахтного транспорта (конвейерных линий, электровозной откатки, подъема и т.п.). Непрерывные процессы (проветривание, водоотлив, энергоснабжение) также обуславливают своим режимом работу технологических участков. Основное назначение АСУ ТП угольной шахты — руководство работой и регулирование текущей деятельности технологических объектов с целью обеспечения их бесперебойной работы и оперативного принятия мер по устранению возникающих нарушений и минимальных отклонений основных показателей работы как отдельных технологических объектов, так и шахты в целом от значений, предусмотренных сменными заданиями.

Современные горно-технологические процессы в основном механизированы,

и задача оператора состоит в управлении механизмами и установками и в наблюдении за их работой непосредственно или по контрольно-измерительным приборам. Однако даже полная механизация круглосуточно работающих агрегатов не избавляет оператора от необходимости управлять основным и вспомогательным оборудованием [2].

Каждая АСУ ТП выполняет сбор и переработку информации для вычисления и реализации управляющих воздействий в соответствии с принятыми критериями качества управления. Оперативно-диспетчерское управление и контроль наиболее ответственных параметров в АСУ ТП по-прежнему выполняются персоналом. При автоматизации горно-технологического оборудования с помощью систем управления решаются задачи: автоматического контроля текущих значений параметров технологического процесса; сигнализации о состоянии основного и вспомогательного оборудования; автоматической защиты основного и вспомогательного оборудования; дистанционного управления машинами и механизмами; автоматического непрерывного регулирования технологических параметров процесса; автоматического дискретного включения или отключения регуляторов, машин, механизмов и установок в требуемой последовательности. Перечисленные функции выполняются отдельными системами управления, например, системами автоматического управления конвейерным транспортом, дозаторными установками, подсистемами жизнеобеспечения предприятия; автоматическим управлением водоотливом, проветриванием, энергообеспечением; вспомогательными подсистемами — пожаротушения, газового контроля.

В связи с развитием и совершенствованием горнотехнического оборудования существенно изменились требования к

автоматизированным системам управления. Многократно возросло количество одновременно контролируемых параметров, усложнились формы отчетности, повысилась ответственность измерений по важнейшим параметрам. Сейчас требуется, используя единый комплекс технических средств (ПТК), сосредоточиться на решении главной задачи управления: поддержании добычи угля на заданном уровне, устранении последствий возмущающих воздействий (нарушение нормальной работы машины, отключение электроэнергии и пр.) с минимальными затратами времени, труда, материальных ресурсов и потерями добычи.

Рассмотрим в качестве объекта автоматизации конвейерные линии.

Конвейерный транспорт наиболее перспективен и совершенен по технико-экономическим показателям, по капитальным затратам, организации непрерывного, поточного производства. В настоящее время на многих шахтах внедряется сплошная конвейеризация, позволяющая осушествить транспортировку угля от забоев до околоствольного двора или по наклонным стволам непосредственно на поверхность. Дальнейшее повышение эффективности конвейерного транспорта, снижение занятого на нем обслуживающего персонала обеспечиваются все более широким применением на шахтах автоматического управления конвейерными линиями.

В настоящее время каждый конвейер (ленточные, скребковые) комплектуется следующими измерительными устройствами: датчиками скорости, схода ленты, датчиками состояния тяговых органов, конвейерными весами, а также устройствами сигнализации и блокировок.

При объединении конвейеров в транспортные линии системы автоматики должны обеспечивать возможность цент-

рализованного пуска конвейерной линии из удобной точки. В то же время должна предусматриваться возможность остановки конвейера с любой точки.

АСУ конвейерными линиями должна управлять разветвленными и неразветвленными конвейерными линиями, одиночными конвейерами, входящими и не входящими в состав конвейерной линии как в подземных выработках, так и на поверхности [2]. В качестве объектов управления могут выступать однодвигательные и многодвигательные конвейеры, с нерегулируемыми и нерегулируемыми приводами.

Кроме состава оборудования на стадии проектирования следует заложить топологию сетей передачи данных, типы каналов передачи данных, а также функциональность автоматизированного рабочего места диспетчера. Особенно следует отметить, что система должна быть выполнена на базе взрывобезопасного оборудования.

Учитывая комплексность промышленной автоматизации и диапазон состояний управляемого объекта, в случае с промышленными объектами вроде конвейерной линии требуются системы управления, которые поддерживают среднюю и распределенную автоматизацию.

Кроме того, промышленная автоматизация — это сотни и тысячи различных сигналов, дискретных и аналоговых, поэтому требуется возможность принимать и обрабатывать большое количество сигналов. Из этого следуют требования к производительности и быстрдействию, то есть как можно более короткий цикл сбора данных и обработки, большая пропускная способность сети, отказоустойчивость и надежность. Также «мощность» контроллера определяется объемом его памяти, от которого зависит сложность выполняемой им программы.

Основные задачи при автоматизации конвейерных линий

Дальнейшее совершенствование автоматизации конвейерных линий должно обеспечивать усиление централизации управления на базе использования микроконтроллеров, что позволит повысить оперативность управления за счет обработки большого объема информации о работе конвейеров, причинах аварийных ситуаций, сможет вести работу конвейеров в оптимальных режимах, увязанных с работой очистных забоев [3–7].

В настоящее время автоматизация конвейерного транспорта предполагает оснащение средствами автоматического контроля и защиты каждого конвейера и управление не только отдельными конвейерами, но и всей линией. Для этого необходимо объединить конвейеры единой системой управления, которая обеспечит автоматическую реализацию оптимальных законов пуска, останова, дозапуска как отдельных конвейеров, так и всей линии в целом, а также соблюдение необходимых технологических блокировок и защит.

Основными факторами, осложняющими процесс автоматизации конвейерных линий, являются разнообразие технологических схем; разнотипность конвейеров по их назначению, производительности, конструктивному исполнению и длине; разнотипность приводов конвейеров по числу и типу двигателей и т.д.

Современные системы автоматизации конвейерных линий с учетом постоянного совершенствования конвейеров и в соответствии с положениями Межотраслевых правил по охране труда при эксплуатации промышленного транспорта (конвейерный, трубопроводный и другие транспортные средства непрерывного действия) должны обеспечивать решение следующих задач:

- автоматический пуск конвейеров в линии в направлении против грузопотока с помощью пускового устройства;
- возможность выбора и раздельного пуска любого маршрута разветвленной конвейерной линии;
- автоматическую сигнализацию перед пуском конвейерной линии, а при запуске отдельных маршрутов разветвленной конвейерной линии подачу звукового сигнала только по этому маршруту;
- автоматический контроль скорости движения ленты;
- пуск каждого последующего конвейера только после достижения предыдущим конвейером заданной скорости;
- включение дополнительных маршрутов без остановки работающих: включение системы орошения только на работающем конвейере и при наличии на нем груза;
- оперативное отключение всей конвейерной линии или маршрутов с диспетчерского пункта управления;
- экстренное прекращение пуска и экстренную остановку любого конвейера из любой точки по его длине;
- автоматическое аварийное отключение конвейера технологических нарушениях, например, при сходе ленты или неисправности привода;
- возможность включения тормозов только при скорости ленты меньше 0,5 м/с;
- для конвейеров с автоматической натяжной станцией при снижении скорости ленты до 75% номинальной, что свидетельствует о пробуксовке ленты на приводном барабане, включение натяжного устройства для увеличения натяжения ленты;
- экстренное отключение конвейера;
- одновременное автоматическое отключение всех конвейеров, транспортирующих груз на остановившийся конвейер;

- отключение системы орошения при остановке конвейера;
- блокировку, не допускающую повторное включение остановившегося из-за аварии конвейера, без ручного возврата системы защиты в исходное состояние;
- блокировку, запрещающую запуск конвейерной линии при отсутствии возможности приема груза в месте разгрузки;
- возможность перевода на местное управление любого конвейера линии без нарушения процесса автоматизированного управления остальными конвейерами;
- информацию на диспетчерском пульте о количестве работающих конвейеров;
- сигнализацию на диспетчерском пульте о неисправности конвейера и ее причине;
- передачу информации о состоянии конвейерной линии в систему управления шахты.

Особенно интересной задачей в современных условиях является повышение эффективности технологических процессов, организация технологических процессов на качественно новом уровне, исключение непроизводительных затрат времени и энергоресурсов при изменении динамических параметров объекта.

В отношении конвейерного транспорта шахты, который осуществляет доставку полезного ископаемого от очистных забоев на поверхность, это означает обеспечение наиболее выгодного (по условиям экономии электроэнергии) соотношения параметров «загрузка ленты — скорость ленты». При отсутствии груза на ленте конвейер должен быть остановлен. Это позволит снизить потребление электроэнергии, уменьшить холостой пробег и износ оборудования, увеличить срок его службы. Существующие

в настоящее время системы управления шахтными конвейерными установками не позволяют достаточно эффективно регулировать скорость движения ленты. Автоматическое поддержание рационального соотношения параметров обеспечит повышение экономической эффективности использования конвейерного транспорта. Это возможно сделать путем применения компьютерно-интегрируемой системы управления, позволяющей организовать процесс транспортирования на новом уровне, исключая непроизводительные затраты времени и энергоресурсов.

Программно-технические комплексы для автоматизации ТП

Современные ПТК построены в соответствии с мировыми достижениями в области сетевой архитектуры, обеспечения надежности и высокоэффективного человеко-машинного интерфейса. Они позволяют решить все задачи контроля и управления технологическими процессами во всех режимах работы горно-технологического оборудования и процессов (пуск, останов, нормальная эксплуатация).

Технические возможности ПТК оптимальны и для крупных систем управления, число сигналов в которых измеряется многими тысячами, и для небольших систем с несколькими десятками или сотнями сигналов. Аппаратные и программные средства обеспечивают совместимость как с отечественным, так и с иностранным периферийным оборудованием, легко сочетаются со всеми видами датчиков, двигателей, насосов, калориферов, вентиляторов и других исполнительных устройств.

На производствах АСУ ТП обычно исполняют трехуровневыми.

Нижний уровень (полевой уровень, field) представляет собой различные датчики и исполнительные механизмы

(двигатели, калориферы, заслонки, насосы, клапаны и т.п.).

Средний уровень — уровень контроллеров, состоит из ПЛК. Он принимает полевые данные и выдает команды управления на нижний уровень. Работа ПЛК происходит по заранее прописанному алгоритму, выполняемому циклически: прием данных — обработка — выдача управляющих команд.

Верхний уровень — это уровень отображения информации, диспетчерского управления и сбора данных. На этом уровне задействован оператор (диспетчер). Если оператор осуществляет контроль за распределенной системой машин, механизмов и агрегатов, то для таких диспетчерских систем часто применим термин SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition).

Кроме сбора данных, верхний уровень АСУ ТП обеспечивает архивацию важнейших данных от ПЛК. Информация о протекании и параметрах ТП представляется в виде мнемосхем. При получении полевых данных система сравнивает их с уставками и при выходе за допустимые границы уведомляет оператора с помощью сигнализации.

Оператор, который для начала работы должен авторизоваться, запускает технологический процесс и далее может остановить его полностью или частично, изменить режимы работы агрегатов, уставки и т.п. При этом система регистрирует протекание ТП, включая действия оператора.

Все АСУ ТП горного производства критичны ко времени отклика на различные события процесса. Они называются системы реального времени (РВ). Для них недопустимо опоздание в выдаче управляющего сообщения, поскольку это чревато аварией.

В «НВТ-Системы», где работает один из авторов статьи, разрабатывают и внед-

ряют АСУ технологическими установками, блоками и процессами для различных производственных процессов. К настоящему времени компанией «НВТ-Системы» разработаны и внедрены микропроцессорные распределенные системы автоматизации на базе отечественных ПТК на многочисленных разнообразных объектах [8 – 10]:

- введена в эксплуатацию полнофункциональная АСУ ТП химической водоочистки и проведены испытания двухконтурной системы регулирования расхода воздуха энергетического котла ПП-1000 (с коррекцией по кислороду) на ТЭЦ-21 АО «Мосэнерго»;

- на ТЭЦ-21 МОСЭНЕРГО внедрена автоматическая система защиты от переполнения емкостей химически-опасных веществ;

- завершены работы по наладке АСУ ТП вагоноразмораживателей АО «Восточный порт», система введена в промышленную эксплуатацию. Проект выполнен на мультиплатформенной системе «МИРТС» с контроллерами Simatic S7-1500 и программным обеспечением Siemens;

- завершено согласование проекта по АСУ ТП вспомогательного оборудования котельного цеха Дзержинской ТЭЦ. Проект разработан на мультиплатформенной системе «МИРТС» с контроллерами РЕГУЛ-500 компании ПРОСОФТ и ФПО «САРГОН» производства АО «НВТ Системы»;

- завершены работы по внедрению автоматизированной системы диспетчерского управления инженерными системами перинатального центра Улан-Удэ;

- завершены проектные работы по созданию автоматизированной системы диспетчерского управления объектами энергоснабжения поселка городского типа Пангоды. Получено положительное заключение о прохождении экспертизы промышленной безопасности;

- завершен проект АСУ ТП системы пожаротушения и водоснабжения новой очереди углепогрузочного комплекса АО «Восточный порт».

Как видно, круг задач, которые решаются с использованием МИРТС, широк и разнообразен. Система МИРТС, которая изначально создавалась для автоматизации энергетических объектов, тем не менее является общепромышленной. С ее помощью уже были успешные внедрения в процесс химической очистки воды, в производство стекловолокна, в системы пожаротушения, водоснабжения и т.д. Кроме того, желание сделать эту платформу отчуждаемой и тиражируемой вполне реализуемо, оно также является одной из целей разработчика. МИРТС внесена в Государственный реестр средств измерений, объединяет все составляющие ПТК: датчики наиболее распространенных в России типов, контроллеры нескольких ведущих отечественных производителей (в том числе собственной разработки), программное обеспечение [10].

Выполним обзор отечественных контроллеров, которые могут быть использованы для автоматизации в составе МИРТС.

Мультиплатформенная интеллектуальная распределенная типовая система (МИРТС) [10] представляет собой объединение программных и технических средств, разработанных ведущими отечественными производителями, на базе типовых протоколов обмена информации. Использование в МИРТС контроллеров российских производства и отечественных Softlogic- и SCADA-систем делает МИРТС хорошим средством импортозамещения.

МИРТС предназначена для создания полнофункциональных АСУ ТП, крупномасштабных АСДУ, комплексных систем учета энергетических и промышленных объектов. Автоматизированные

системы, созданные при помощи МИРТС, имеют классическую многоуровневую структуру, о которой говорилось выше.

МИРТС используется для работы с распределенными сетевыми структурами. Ее компоненты совместимы и могут применяться в различных сочетаниях. АСУ ТП, созданные на базе МИРТС, обладают высокой надежностью, быстродействием и возможностью реализации сложных алгоритмов управления.

МИРТС включает в себя несколько семейств современных контроллеров российских производителей; набор совместимых SoftLogic- и SCADA- систем; типовые шкафы управления, обеспечивающие возможность эффективного размещения сетевых контроллеров вблизи объектов управления; типовые решения по разработке современных автоматизированных рабочих мест и щитов управления на базе стандартных персональных компьютеров, серверов, обзорных экранов.

Структура МИРТС представлена на рис. 1.

Инструментальные средства МИРТС позволяют эффективно создавать полнфункциональные АСУ ТП сложных объектов, например, электростанций

различного масштаба (установок, энергоблоков, цехов, станций, производств) и входящего в их состав оборудования. Эти АСУ соединяются с системами релейной защиты и автоматики.

Система МИРТС выполняет информационные, управляющие и вспомогательные сервисные функции в автоматическом и автоматизированном режимах. При выполнении функций особое внимание уделяется надежности, эффективности и дружественному интерфейсу.

К информационным функциям относятся сбор и первичная обработка данных, представление информации оператору, сигнализация, контроль действий оператора, контроль несанкционированного вмешательства, диагностика состояния оборудования, регистрация аварийных ситуаций; анализ действия защит, документирование; расчет технико-экономических показателей.

К управляющим функциям — дистанционное управление исполнительными механизмами, технологические блокировки, включая АВР, автоматическое регулирование, технологические защиты, программно-логическое управление, автоматизированный пуск и останов оборудования. Особое внимание разработчики уделяют эффективной и

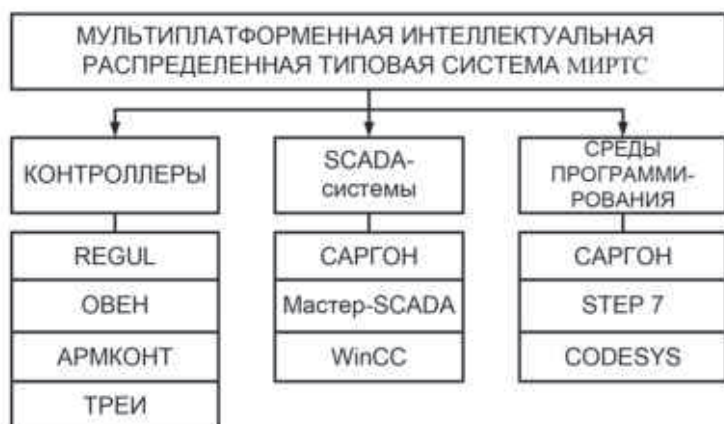


Рис. 1. Структура мультиплатформенной системы МИРТС

Fig. 1. Structure of the MIRTС multiplatform system

максимально надежной реализации управляющих функций.

Все контроллеры и программные средства, входящие в МИРТС, отвечают следующим требованиям:

- поддерживают распределенные структуры управления;
- поддерживают популярные протоколы сетевого обмена;
- имеют варианты исполнения модулей для работы при температуре до +55 °С и в условиях сильных электромагнитных помех.
- Возможно взрывозащищенное исполнение.

Программируемые логические контроллеры

Управление технологическими процессами должно обеспечивать максимально возможную экономическую эффективность работы оборудования. Все более сложные горно-технологические процессы требуют повышения быстродействия и надежности технических средств автоматики. Одновременно растет цена отказа. Прогресс в части средств автоматизации тесно связан с изменениями в элементной базе вычислительной техники. Сейчас практически все приборы строятся на основе микропроцессоров. Это позволяет обрабатывать более сложные алгоритмы, повышать точность измерения технологических параметров, нагружать отдельные приборы ранее не свойственными им функциями. И, самое главное, обмениваться информацией между собой, работая, как единая система управления. Эта техника за вторую половину прошлого столетия претерпела революционные изменения благодаря достижениям советской науки.

Популярность контроллеров легко объяснима [11 – 13]. Их применение значительно упрощает создание и эксплуатацию сложных автоматизированных

систем и отдельных устройств. ПЛК позволяет сократить этап разработки, упрощает процесс монтажа и отладки за счет стандартизации отдельных аппаратных и программных компонентов, а также обеспечивает повышенную надежность в процессе эксплуатации, удобный ремонт и модернизацию при необходимости.

ПЛК обрабатывает три вида входных сигналов: дискретные, аналоговые и специальные. Стандартные дискретные и аналоговые входы ПЛК способны удовлетворить большинство потребностей систем промышленной автоматики. Необходимость применения специализированных входов возникает в случаях, когда непосредственная обработка некоторого сигнала программно затруднена, например, требует много времени.

Конструктивно ПЛК подразделяются на моноблочные, модульные и распределенные.

Для написания прикладных программ используются так называемые технологические языки. Стандарт специфицирует 5 языков программирования, большинство программных комплексов дают возможность перекодировать уже написанную программу из одного языка в другой. Наибольшее распространение в настоящее время получили языки LAD, STL и FBD.

В состав МИРТС включены контроллеры крупнейших отечественных производителей.

Выполним обзор отечественных контроллеров, которые могут быть использованы для автоматизации в составе МИРТС.

В состав МИРТС включены контроллеры крупнейших отечественных производителей. Рассмотрим контроллер «РЕГУЛ» [14], оценим возможность его использования при автоматизации контейнерного транспорта. Внешний вид контроллера приведен на рис. 2.

Характеристики	TREI-5B	ОВЕН ПЛК210	REGUL	МФК
Тип процессора	AMD Geode LX PC104+ с частотой 400 МГц	ARM® Cortex-A8 с частотой 800 МГц	ARM Cortex-Axx, 512 Mb RAM	INTEL XScale® 266 или 533 МГц
Объем памяти	ОЗУ — 1 Мб; Flash-диск от 32 Мб до 2 Гб	флеш-память 512 Мб; ОЗУ — 256 Мб; Retain-память 64 Кб	объем ОЗУ 2 Гб; объем ПЗУ 4 Гб	64 Мб SDRAM, Flash-диск 32 Мб
Интерфейс	RS-232/485, Ethernet	RS-232, RS-485, Ethernet 10/100	RS-422/RS-485, Ethernet, USB	Ethernet 100, RS-485
Программное обеспечение	Unimod PRO — инструментальная CASE-система для программирования контроллеров, 3 языка технологий: программирования в соответствии с международным стандартом IEC 61131-3	операционная система — Linux; языки программирования — IL, ST, LD, SFC, FBD + дополнительный язык CFC	исполняемая среда Epsilon LD с поддержкой 5 языков стандарта IEC 61131-3;	OS Linux, языки технологического программирования в соответствии с международным стандартом IEC 61131-3
Количество каналов ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов	до 8169	24 дискретных и 4 аналоговых	модуль дискретного ввода имеет 16 каналов, аналогового ввода — 8 каналов	До 976 аналоговых, 256 дискретных канала
Наработка на отказ, ч	75 000	60 000	не менее 100 000	130 000
Подключаемые устройства	клавиатура, монитор	USB-накопитель	подключение до 255 крейтов в одном крейте; до 40 модулей расширения крейтов на расстоянии до 10 км (по оптоволоконной линии связи)	13 различных типов модулей ввода/вывода, поддерживающих все основные типы датчиков и исполнительных механизмов
Рабочие условия, °С	от -60 до +60	от -40 до +55	от +1 до +60	от +1 до +60
Взрывозащита	есть			
Гальваническая развязка	от 1000 В до 2500 В	есть	поканальная или общая гальваническая изоляция	двойная гальваническая развязка внутренних цепей контроллера от цепей ввода и коммутации сигналов 220 VAC, 220 VDC
Крепление	на DIN-рейку	на DIN-рейку	на DIN-рейку	конструкция контроллера предусматривает только горизонтальное размещение на монтажной плоскости
Габариты, мм	100×160	(105×124×83) ±1	40×180×145	483×265×283



Рис. 2. Внешний вид контроллера REGUL500
Fig. 2. Appearance of the REGULAR 500 controller

Контроллер отличается очень высоким быстродействием и скоростью опроса модулей ввода-вывода. Он может включать несколько каркасов модулей УСО, разнесенных на расстояния до 10 км при использовании оптоволоконных кабелей связи, что очень актуально при автоматизации распределенных систем, таких как конвейерные линии. Кроме быстродействия, надежности, способности работать в распределенных системах, в режиме реального времени, достоинствами контроллеров REGUL500 является высокая точность измерительных каналов — 0,1% для сигналов всех типов. Современные измерительные устройства, используемые для контроля за параметрами работы конвейера (датчики скорости ленты, датчик минимальной скорости ленты, датчики, осуществляющие контроль за тепловыми режимами работы оборудования, датчики контроля схода ленты, провисания ленты, перегрузки, тросовые выключатели, датчики заштыбовки) имеют унифицированные аналоговые или дискретные сигналы, которые принимает и обрабатывает контроллер REGUL500.

Важной особенностью REGUL500 является возможность горячей замены модулей всех типов, устойчивость к внешним воздействиям (температуре, помехам и т.д.).

Контроллеры REGUL поддерживают интерфейсы: RS-232 (9-pin, full duplex, скорость 300—115 200 bps, оптоизоляция

ция 500/1500 В, защита от перенапряжения); RS-422/RS-485 (9-pin, скорость 300—115 200 bps, полная поканальная оптоизоляция); Ethernet 10/100/1000 RJ-45 (full duplex) — до 4 портов на ЦП; Ethernet 10/100/1000 FO (Single-mode, Multi-mode) — до 2 портов на ЦП.

Контроллер REGUL имеет комплект сертификатов, таких как сертификат соответствия Таможенного союза, сертификат соответствия Евразийского союза, сертификат соответствия Федерального Агентства по техническому регулированию и метрологии, сертификат соответствия в области использования атомной энергии, соответствие постановлению правительства РФ № 719 от 17.07.2015. Это дает возможность использовать контроллер REGUL при импортозамещении [8]. Контроллеры REGUL поддерживают популярные протоколы обмена: Modbus RTU (Master/Slave), Modbus TCP (Master/Slave), OPC DA, OPC UA, EtherCAT, МЭК 60870-5-101 (Master/Slave), МЭК 60870-5-104 (Master/Slave).

Выводы

Благодаря универсальности используемых в МИПТС принципов построения АСУ ТП, они с успехом применяются во многих отраслях промышленности: энергетике, нефтехимии, атомной промышленности, металлургии, производстве стекловолокна и т.д.

Система включает в себя типовые решения по построению распределенных систем ответственного управления, набор протоколов для организации эффективного сетевого обмена на всех уровнях АСУ ТП, библиотеку типовых алгоритмов управления технологическими процессами. На основе перечисленного оснащения возможно проектирование систем автоматического управления конвейерными линиями, используя трехуровневую структуру, приведенную на рис. 3.

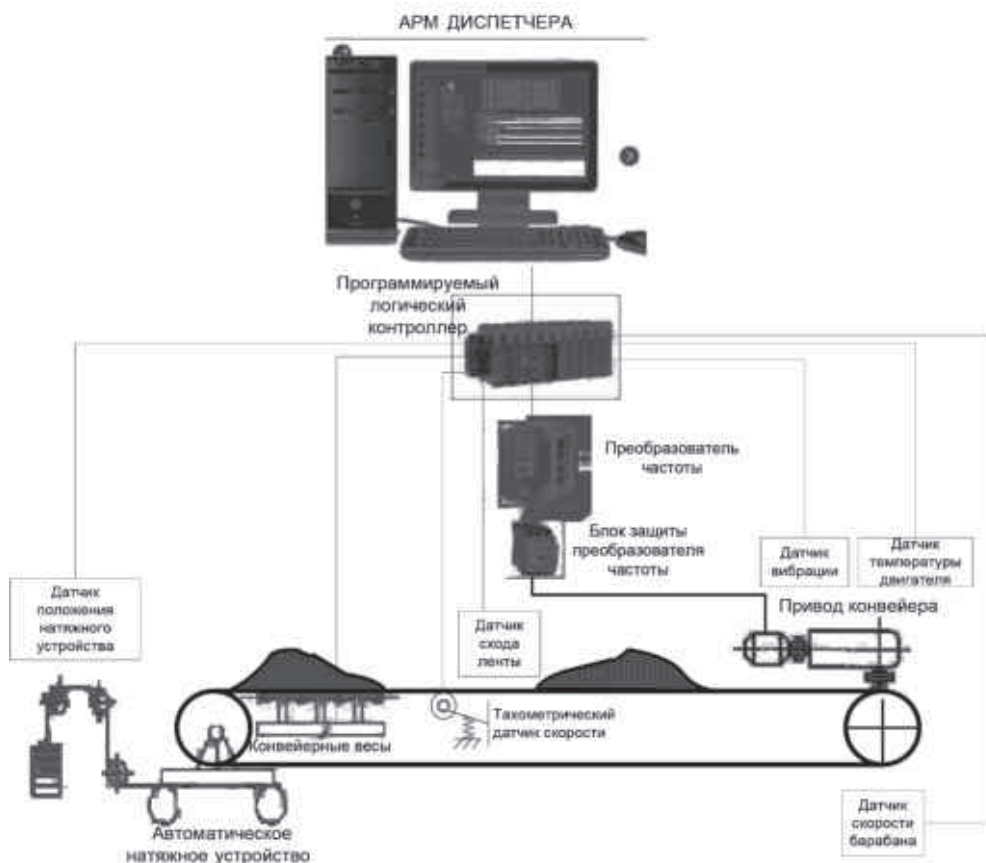


Рис. 3. Трехуровневая схема автоматизации ленточного конвейера
 Fig. 3. Three-Level scheme of belt conveyor automation

Эта система сможет обеспечить: получение точных данных от различного оборудования, весов, счетчиков и поступление всей информации на АРМ диспетчера; возможность управления конвейерной линией, а также отдельным конвейером с АРМ диспетчера; высокую степень защиты работы конвейерных линий, поскольку система работает с известными релейными защитами и автоматикой; ведение протоколов об изменениях технологических параметров и работе технологического оборудова-

ния; визуализацию технологического процесса на автоматизированном рабочем месте диспетчера; надежный запуск конвейерных линий, исключающий завал мест перегрузок и предусматривающий полный контроль скорости ленты; управление конвейером, осуществляемое с АРМ оператора; экстренную остановку оборудования; контроль состояния технического оборудования; протоколирование действий диспетчера; повышение эффективности использования конвейерного транспорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пучков Л. А., Федунец Н. И., Потресов Д. К. Автоматизированные системы управления в горнодобывающей промышленности. — М.: Недра, 1987. — С. 285.

2. Батицкий В. А., Куроедов В. И., Рыжов А. А. Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП в горной промышленности. — М.: Недра, 1991. — С. 303.
3. Дмитриева В. В. Современные задачи автоматизации ленточного конвейерного транспорта // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2013. — ОВ 1. — С. 281 — 286.
4. Król R., Kawalec W., Gladysiewicz L. An effective belt conveyor for underground ore transportation systems // IOP Conference Series. Earth and Environmental Science. 2017. Vol. 95. No 4. Article 042047. DOI: 10.1088/1755-1315/95/4/042047.
5. Zhiqiang Li, Fei Zeng, Cheng Yan, Junjie Wang, Ling Tang Design of belt conveyor speed control system of «Internet+» // IOP Conference Series. Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 563. Article 042088. DOI: 10.1088/1757-899X/563/4/042088.
6. Bebic M., Ristić L. Speed Controlled belt conveyors: drives and mechanical considerations // Advances in Electrical and Computer Engineering. 2018. Vol. 18. No 1. Pp. 51 — 60. DOI: 10.4316/AECE.2018.01007.
7. Зайцева Э. Е., Бессараб В. И., Червинский В. В. Алгоритм управления транспортной системой как дискретно-непрерывным объектом // Наукові праці Дніпровського національного технічного університету. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація. — 2011. — № 21(183). — С. 19 — 25. <http://ea.donntu.edu.ua/handle/123456789/1901>.
8. Сержкин В. С. Высоконадежные АСУ ТП на базе ПТК «Текон» для объектов большой и малой энергетики // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2011. — № 6. — С. 182 — 189.
9. Менделевич В. А. Импортозамещение при создании АСУ ТП энергоблоков ТЭС России на базе ПТК «Саргон» // Автоматика и ИТ в энергетике. — 2015. — № 7. — С. 10 — 15.
10. Менделевич В. А. Мультиплатформенные интеллектуальные распределенные типовые системы «МИРТС» — новое поколение средств автоматизации технологических процессов // Автоматика и ИТ в энергетике. — 2020. — № 2. — С. 2 — 12.
11. Parai M. K., Das B., Das G. An overview of microcontroller unit: from proper selection to specific application // International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE). 2013. Vol. 2. No 6. Pp. 228 — 231.
12. Güven Y., Kocooğlu S., Cosgun E., Gezici H. Understanding the concept of microcontroller based systems to choose the best hardware for applications // International Journal of Engineering And Science. 2017. Vol. 6. No 9. Pp. 38 — 44.
13. Gridling G., Weiss B. Introduction to microcontrollers. Vienna University of Technology Institute of Computer Engineering Embedded Computing Systems, Courses 182.064 & 182.074, 2007, February 26, pp 160.
14. REGUL500 — контроллеры отечественного производства для построения распределенных систем управления // Журнал «ИСУП». — 2017. — № 2 (68). <https://isup.ru/articles/4/11083/>. **МІАБ**

REFERENCES

1. Puchkov L. A., Fedunets N. I., Potresov D. K. *Avtomatizirovannye sistemy upravleniya v gornodobyvayushchey promyshlennosti* [Automated control systems in the mining industry], Moscow, Nedra, 1987, pp. 285.
2. Batitskiy V. A., Kuroedov V. I., Ryzhov A. A. *Avtomatizatsiya proizvodstvennykh protsessov i ASU TP v gornoy promyshlennosti* [Automation of production processes and automated control systems in the mining industry], Moscow, Nedra, 1991, pp. 303.
3. Dmitrieva V. V. Modern tasks of automation of conveyor belt transport. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2013. Special edition 1, pp. 281 — 286. [In Russ].
4. Król R., Kawalec W., Gladysiewicz L. An effective belt conveyor for underground ore transportation systems. *IOP Conference Series. Earth and Environmental Science*. 2017. Vol. 95. No 4. Article 042047. DOI: 10.1088/1755-1315/95/4/042047.

5. Zhiqiang Li, Fei Zeng, Cheng Yan, Junjie Wang, Ling Tang Design of belt conveyor speed control system of «Internet+». *IOP Conference Series. Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 563. Article 042088. DOI: 10.1088/1757-899X/563/4/042088.

6. Bebic M., Ristić L. Speed Controlled belt conveyors: drives and mechanical considerations. *Advances in Electrical and Computer Engineering*. 2018. Vol. 18. No 1. Pp. 51 – 60. DOI: 10.4316/AECE.2018.01007.

7. Zaytseva E. E., Bessarab V. I., Chervinskiy V. V. Algorithm of transport system management as a discrete-continuous object. *Naukovi pratsi Dnests'kogo natsional'nogo tekhnichnogo universitetu. Seriya: Obchislyuval'na tekhnika ta avtomatizatsiya*. 2011, no 21(183), pp. 19 – 25. <http://ea.donntu.edu.ua/handle/123456789/1901>.

8. Serezhkin V. S. Highly Reliable automated control systems based on PTC «Tekon» for large and small power plants. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2011, no 6, pp. 182 – 189. [In Russ].

9. Mendelevich V. A. Import substitution when creating an automated control system for power units of TPP of Russia on the basis of PTC «Sargon». *Avtomatika i IT v energetike*. 2015, no 7, pp. 10 – 15. [In Russ].

10. Mendelevich V. A. Multiplatform intelligent distributed typical systems «MIRTS» – a new generation of automation of technological processes. *Avtomatika i IT v energetike*. 2020, no 2, pp. 2 – 12. [In Russ].

11. Parai M. K., Das B., Das G. An overview of microcontroller unit: from proper selection to specific application. *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)*. 2013. Vol. 2. No 6. Pp. 228 – 231.

12. Güven Y., Kocooğlu S., Cosgum E., Gezici H. Understanding the concept of microcontroller based systems to choose the best hardware for applications. *International Journal of Engineering And Science*. 2017. Vol. 6. No 9. Pp. 38 – 44.

13. Gridling G., Weiss B. *Introduction to microcontrollers*. Vienna University of Technology Institute of Computer Engineering Embedded Computing Systems, Courses 182.064 & 182.074, 2007, February 26, pp 160.

14. REGUL500-controllers of domestic production for building distributed control systems. *Zhurnal «ISUP»*. 2017, no 2 (68). <https://isup.ru/articles/4/11083/>. [In Russ].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Дмитриева Валерия Валерьевна¹ — канд. техн. наук, доцент,

e-mail: dm-valeriya@yandex.ru,

Авхадиев Ильяс Фатхирахманович¹ — студент, e-mail: avilias200@mail.ru,

Сизин Павел Евгеньевич — канд. физ.-мат. наук, доцент,

ИБО НИТУ «МИСиС», e-mail: mstranger@list.ru,

¹ РГУ Нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина.

Для контактов: Дмитриева В.В., e-mail: dm-valeriya@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

V.V. Dmitrieva¹, Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor,

e-mail: dm-valeriya@yandex.ru,

I.F. Avkhadiev¹, Student, e-mail: avilias200@mail.ru,

P.E. Sizin, Cand. Sci. (Phys. Mathem.), e-mail: mstranger@list.ru,

Institute of Basic Education, National University

of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia,

¹ Gubkin Russian State University of Oil and Gas

(National Research University), 119991, Moscow, Russia.

Corresponding author: V.V. Dmitrieva, e-mail: dm-valeriya@yandex.ru.

Получена редакцией 02.04.2020; получена после рецензии 25.05.2020; принята к печати 10.01.2021.

Received by the editors 02.04.2020; received after the review 25.05.2020; accepted for printing 10.01.2021.