

Система контроля и предотвращения нахождения работников в зоне круговых опрокидывателей

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-1-40-45>

КАБИРОВ М.П.

Аспирант НИТУ «МИСИС»,
119991, г. Москва, Россия,
e-mail: 0916863@gmail.com

ЛЕТТИЕВ О.А.

Канд. техн. наук,
директор департамента
автоматизации
производственных процессов
ООО «ПРОМТЕХ»,
121069, г. Москва, Россия,
e-mail: o.lettiev@promtex.ru

АГАФОНОВ В.В.

Доктор техн. наук,
профессор НИТУ «МИСИС»,
119991, г. Москва, Россия

В работе представлен опыт компании ООО «ПРОМТЕХ» по созданию системы контроля и предотвращения нахождения работников в зоне круговых опрокидывателей (СКО) на Кировском и Расвумчоррском рудниках КФ АО «Апатит» при помощи интеграции комплексной системы позиционирования персонала и транспорта с локальными автоматизированными системами управления. В статье приводится обоснование актуальности разработанной системы, описываются основные технические решения, применяемый комплекс технических средств и режимы работы. Работа СКО осуществляется за счет обработки данных с системы позиционирования персонала рудника при помощи высокотехнологичных аппаратных средств, установленных непосредственно в камере вагоноопрокидывателя, сигналы с которых обрабатываются программируемым логическим контроллером и транслируются посредством магистральной сети передачи данных в центральный диспетчерский комплекс для регистрации и отображения на SCADA системе. СКО определяет количество меток персонала в камере опрокидывателя, сопоставляет с перечнем разрешенных меток и в случае превышения отключает ротор опрокидывателя и троллей электровоза от контактной сети. Камера опрокидывателя является горной выработкой на откаточном горизонте, часто в ней находятся не только машинист электровоза и оператор опрокидывателя, но и другие сотрудники горнодобывающего предприятия. СКО обеспечивает безопасность их нахождения в камере кругового опрокидывателя. Проект может быть реализован только путем внедрения в существующую систему позиционирования и является ее функциональным развитием. Правильно реализованная система позиционирования способствует оптимизации всех технологических процессов и, следовательно, увеличению производительности и безопасности труда.

Ключевые слова: позиционирование, связь, оптимизация транспортных потоков, рудничный транспорт, круговой опрокидыватель, система контроля опрокидывателя, обеспечение безопасности, промышленная безопасность.

Для цитирования: Кабилов М.П., Леттиев О.А., Агафонов В.В. Система контроля и предотвращения нахождения работников в зоне круговых опрокидывателей // Уголь. 2023. № 1. С. 40-45. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-1-40-45.

ВВЕДЕНИЕ

Предприятия горнодобывающего сектора являются одними из наиболее опасных с точки зрения безопасности труда. Ежегодно в шахтах и рудниках гибнут более 4500 человек [1]. При этом большинство случаев связаны с операциями поиска пострадавшего персонала на большой глубине в десятках километров горных выработок [2, 3]. Недавние происшествия на шахтах Кузбасса подтверждают неумолимую статистику и ставят профессию горнорабочего на первые места по опасности для жизни [4].

Для недопущения происшествий, аналогичных указанным выше, на шахтах и рудниках внедряют различные системы автоматического управления, мониторинга

шахтной атмосферы и позиционирования персонала [5]. Одна из самых больших и совершенных систем позиционирования в мире реализована на Объединенном Кировском руднике в г. Кировске, разработку которого ведет компания «АО «Апатит», входящая в группу компаний «ФосАгро». Указанная система позволяет не только определить, сколько человек находится под землей, и узнать, на какой глубине они находятся, но также указать, конкретное место с точностью до нескольких метров, где находится каждый сотрудник, и проследить траекторию его передвижения. Диспетчер рудника незамедлительно получает уведомление, если работник оказался в потенциально опасном месте, где его жизни может угрожать опасность.

Разработку и внедрение системы позиционирования проводила компания «ПРОМТЕХ» – инновационное предприятие, специализирующееся на решении задач комплексной автоматизации технологических и производственных процессов в различных отраслях промышленности. Более чем за 25 лет стабильной работы для многих российских и зарубежных предприятий компания стала стратегическим партнером по внедрению передовых информационных технологий – от датчика и контроллера до современного цифрового управления промышленным производством. Накопленный интеллектуальный потенциал компании «ПРОМТЕХ» позволяет предложить клиентам инновационные решения в сфере цифровизации процессов с учетом требований по информационной безопасности. Значительные производственные мощности и постоянно расширяемый спектр оборудования, разработанного специалистами компании «ПРОМТЕХ», обеспечивают комплексные цифровые решения передовыми техническими средствами, в том числе не имеющими аналогов на отечественном рынке. Производимое компанией оборудование доступно в том числе на рынках Европы.

Статистика показывает, что одним из наиболее опасных процессов при ведении подземных горных работ является процесс перегрузки рудного материала из электропоездов методом кругового опрокидывания вагонов, посредством пересыпания рудной массы из вагонеток в рудодоспуск, после чего руда попадает на дальнейшие стадии рудоподготовки и транспортировки на обогатительную фабрику [6]. На Кировском и Расвумчоррском рудниках компанией ООО «ПРОМТЕХ» была реализована система контроля и предотвращения нахождения работников в зоне круговых опрокидывателей (далее СКО).

Цели системы

При создании СКО были поставлены следующие цели:

- обеспечение безопасного ведения горных работ;
- создание единой системы контроля соблюдения технологических операций на вагоноопрокидывателях и оповещение при нарушении хода их выполнения;
- остановка технологического оборудования без его повреждения для предотвращения возникновения аварийных ситуаций;
- остановка технологического оборудования в случае появления человека в зоне работы вагоноопрокидывателя и подходов к нему.

Описанный ниже комплекс технических средств рассчитан на одну камеру опрокидывателя. Как правило, на откаточном горизонте располагается несколько похожих по строению камер. Оснащение таких камер осуществляется за счет масштабирования комплекса технических средств.

ФУНКЦИИ СИСТЕМЫ

СКО считывает количество меток, находящихся в камере опрокидывателя и в зависимости от режима работа определяет допустимое значение. В случае превышения допустимого количества меток происходит отключение троллея электровоза и ротора опрокидывателя. Разгрузка вагонов приостанавливается до момента покидания зоны действия антенны несанкционированных меток. Таким образом обеспечивается безопасность нахождения работников в камере опрокидывателя. Система контроля опрокидывателей предназначена для реализации порядка безопасного ведения работ на вагоноопрокидывателях подземных рудников и для контроля нахождения работников в зонах вагоноопрокидывателей и прилегающих к ним участков горных выработок. Еще одной важной функцией системы является подача аварийных сигналов при нарушении работниками зон размещения при проведении технологических операций по разгрузке составов с рудой с блокировкой и принудительной остановкой технологического оборудования, в том числе при возникновении аварийных ситуаций [7].

Описание алгоритма функционирования

Система имеет следующие функциональные режимы:

- режим «Ремонт»;
- режим «В работе»;
- режим «В работе с учеником»;
- режим «В работе с двумя учениками»;
- режим «Саморазгрузка».

Переключение в любой из режимов осуществляется диспетчером при помощи SCADA-системы по запросу оператора опрокидывателя.

В зависимости от выбранного режима и ситуации на опрокидывателе система устанавливается в одно из состояний:

- состояние «Ремонт»;
- состояние «Ожидание»;
- состояние «Работа»;
- состояние «Авария».

Режим «Ремонт» является специальным режимом, в котором есть только одно состояние – «Ремонт». В этом состоянии не производится контроль количества меток в зоне опрокидывателя, не включается состояние «авария» и не производится блокировка оборудования опрокидывателя.

Включение состояния «Ожидание» происходит автоматически при изменении режима работы Системы (диспетчером рудника) или после устранения аварийной ситуации (оператором опрокидывателя).

Состояние «Авария» включается автоматически при обнаружении аварийной ситуации. Выход из состояния «Авария» возможен в состояние «Ожидание» после устранения аварийной ситуации.

Режимы «В работе», «В работе с учеником», «В работе с двумя учениками», «Саморазгрузка» отличаются друг от друга только максимально допустимым количеством ме-

ток на опрокидывателе в момент разрешения работы вагоноопрокидывателя. Переключение в состояние «Работа» возможно только из состояния «Ожидание» и производится оператором опрокидывателя.

«В работе» – в момент запуска системы в работу вагоноопрокидыватель будет разблокирован, только если в камере опрокидывателя обнаружено не более трех меток (метка в лампе оператора опрокидывателя, метка в лампе машиниста электровоза, метка электровоза).

«В работе с учеником» – в момент запуска системы в работу вагоноопрокидыватель будет разблокирован, только если в камере опрокидывателя обнаружено не более четырех меток (метка в лампе оператора опрокидывателя, метка в лампе машиниста электровоза, метка в лампе ученика, метка электровоза).

«В работе с двумя учениками» – в момент запуска системы в работу вагоноопрокидыватель будет разблокирован, только если в камере опрокидывателя не более пяти меток (метка в лампе оператора опрокидывателя, метка в лампе машиниста электровоза, метки в лампах учеников, метка электровоза).

«Саморазгрузка» – в момент запуска системы в работу вагоноопрокидыватель будет разблокирован, только если в камере опрокидывателя не более 2 меток (метка в лампе машиниста электровоза, метка электровоза).

Информирование персонала о запрете на вход в помещение вагоноопрокидывателя происходит с помощью табло. При этом табло автоматически включается при переходе системы из состояния «Ожидание» в состояние «Работа» и также автоматически отключается.

Состояние «Ремонт»

Специальное состояние системы, которое включается при установке диспетчером режима «Ремонт» например во время проведения ремонтных или специальных работ в камере опрокидывателя, а также для временного отключения системы.

На пульте оператора состояние отображается включением синего индикатора с подписью «Ремонт». Система не блокирует оборудование опрокидывателя, пока на нее подается питание. Аварийное оповещение не включается при любых обнаруженных условиях.

Состояние «Ожидание»

Базовое состояние системы при отсутствии электровоза в камере опрокидывателя, а также после устранения аварийных ситуаций или изменений режима работы системы.

На пульте оператора состояние отображается равномерным миганием зеленого индикатора с подписью «В работе/Готов».

Ротор опрокидывателя заблокирован, троллей разблокирован, что позволяет составу заехать в камеру опрокидывателя на разгрузку, но не позволяет прокручивать ротор. Контроль количества меток ведется без включения аварийного оповещения. При открытии двери в кабину оператора или сбоях в работе оборудования устанавливается состояние «Авария».

В состоянии «Ожидание» лампа на пульте управления оператора кабины вагоноопрокидывателя, информирующая о

превышении количества меток, должна быть включена при превышении меток.

При переходе из состояния «Ожидание» в режим «В работе» после нажатия оператором кнопки «Пуск опрокидывателя» система сохраняет в памяти информацию о трех метках (метка оператора вагоноопрокидывателя, метка электропоезда и метка водителя электропоезда). При появлении метки постороннего в помещении вагоноопрокидывателя система переходит в состояние работы «Авария» с включением блокировок и отображением ламп «Авария» и «Превышение меток».

Оператор нажимает кнопку сброса аварии. При этом светозвуковая сигнализация отключается, но, если в помещении вагоноопрокидывателя по-прежнему присутствует посторонняя метка, лампа «Превышение меток» не отключится. В случае устранения проблемы (удалении посторонней метки с территории помещения вагоноопрокидывателя) лампа отключится автоматически.

Состояние «Работа»

Состояние, в которое система переводится только из состояния «Ожидание» оператором опрокидывателя путем нажатия зеленой кнопки с подписью «Разрешение работы».

В момент нажатия кнопки система оценивает текущее состояние опрокидывателя, количество меток в зоне контроля и при соблюдении всех условий (на въезде или выезде в камеру опрокидывателя есть состав, аварийные ситуации отсутствуют, количество меток не превышает разрешенное для выбранного диспетчером режима) устанавливает состояние «Работа». Находящиеся в этот момент в камере опрокидывателя метки запоминаются в памяти системы.

На пульте оператора состояние отображается постоянным горением зеленого индикатора с подписью «В работе/Готов».

При открытии двери в кабину оператора или отказе обслуживания системы устанавливается состояние «Авария» без включения звуковой сигнализации и сигнальных ламп в камере опрокидывателя.

При появлении в камере опрокидывателя метки, отсутствующей в памяти системы, включается аварийное оповещение (звуковая сигнализация, два красных световых оповещателя МВЛ в камере опрокидывателя) и устанавливается состояние «Авария». Отключение аварийного оповещения производится при нажатии красной кнопки «Сброс аварии», при этом троллей остается заблокированным до исчезновения метки-нарушителя (всех меток, если их было несколько) из зоны контроля системы.

Дальнейшее продолжение работы возможно только после устранения причин аварийной ситуации (с нажатием кнопки «Сброс аварии», если необходимо) при нажатии кнопки «Разрешение работы». Метки, занесенные в память, при этом не меняются.

Непрерывно ведется контроль меток в камере опрокидывателя и контроль датчиков наличия состава на въезде и выезде из камеры опрокидывателя.

При полном выезде состава из камеры опрокидывателя система автоматически устанавливает состояние «Ожидание», очищая список запомненных меток.

Состояние «Авария»

Выставляется автоматически системой при появлении аварийной ситуации. В этом состоянии система блокирует ротор опрокидывателя и троллей, а при обнаружении меток-нарушителей включает световую сигнализацию (на входе и выходе из камеры опрокидывателя) и звуковую сирену.

Различаются три типа аварий:

– «Системная авария» – возникает при отказе оборудования системы. Отображается на пульте оператора миганием красного индикатора с подписью «Авария». Устранение аварии невозможно силами оператора опрокидывателя, требуется вызов обслуживающей организации;

– «Громкая авария» – возникает при обнаружении во время работы меток-нарушителей. Отображается на пульте оператора включением красного индикатора с подписью «Авария». Ротор и троллей заблокированы, продолжение работы возможно только после ухода нарушителей из камеры опрокидывателя либо после перевода системы в режим «Ремонт» диспетчером рудника;

– «Тихая авария» – возникает при обнаружении нештатной ситуации без участия нарушителей (на текущий момент – только при открытии двери в кабину оператора опрокидывателя в состоянии «Ожидание» или «Работа»). Отображается на пульте оператора включением красного индикатора с подписью «Авария». При устранении причины аварии необходимо нажать красную кнопку «Сброс аварии», после чего система перейдет в состояние «Ожидание».

ОПИСАНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ

В основе технического решения для системы контроля доступа лежит возможность информационного обмена между устройством, способным определить количество меток позиционирования в радиусе действия подключенной к нему всенаправленной антенны, и программируемым логическим контроллером, расположенным в контроллерном шкафу. ПЛК обрабатывает сигналы, получаемые от оборудования, и обеспечивает информационный обмен с существующим верхним уровнем (информационным уровнем) рудника [8, 9]. Для реализации этой задачи использовались существующие оптоволоконные линии связи магистральной сети передачи данных. Подключение системы выполнялось к существующим станциям связи Кировского и Расвумчоррского рудников.

Регистратор меток с помощью всенаправленной антенны фиксирует количество меток позиционирования, установленных в шахтных светильниках каждого инженера и горного рабочего, выходящего на смену. Зона действия всенаправленной антенны распространяется на всю камеру кругового вагоноопрокидывателя [10]. Для обеспечения активации меток позиционирования в камере опрокидывателя используется специальное устройство – «Возбудитель меток». Через контроллерный рудничный шкаф обеспечивается возможность подачи управляющих воздействий на исполнительные механизмы опрокидывателя и на контактную сеть. В контроллерный шкаф было установлено реле, отвечающее за включение/выключение контактного провода и реле, отвечающее за аварийный останов опрокидывателя, которые соединяются с помощью контрольного кабеля со шкафом управления опрокидом. Таким образом

обеспечивается возможность включения/выключения ротора опрокидывателя и включения/выключения троллей. Отключение происходит при превышении допустимого количества меток, находящихся в камере вагоноопрокидывателя. Так обеспечивается безопасность людей, не санкционированно находящихся в камере опрокидывателя в момент разгрузки вагонов.

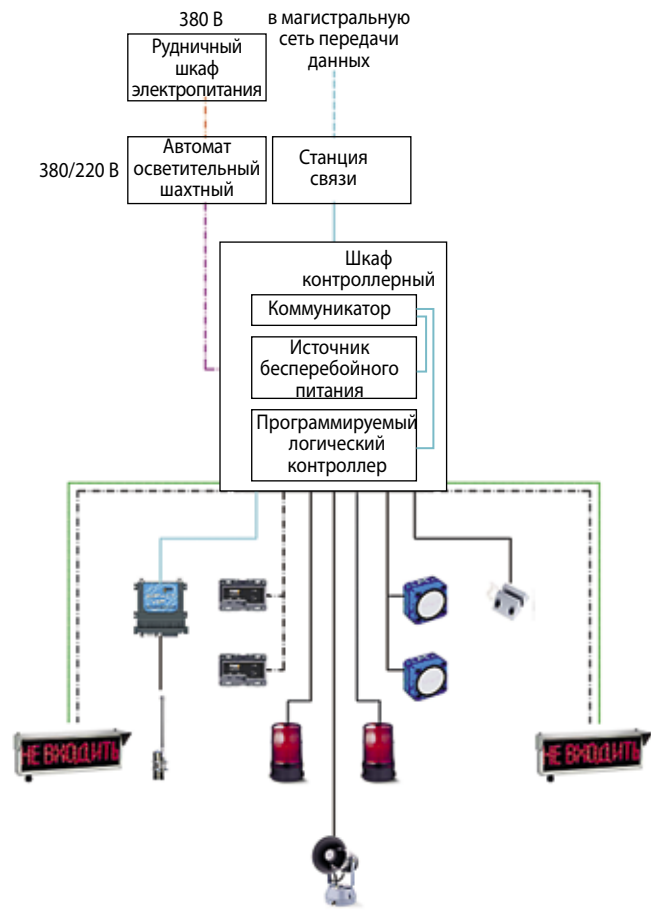
При превышении допустимого количества меток срабатывает светозвуковая сигнализация, состоящая из двух проблесковых маячков и звукового оповещателя. Допустимое количество меток определяется в зависимости от режима работы системы. С помощью программируемых табло обеспечивается возможность информирования персонала о запрете на вход в камеру вагоноопрокидывателя. После подачи управляющих воздействий на световые табло на них высвечивается надпись «НЕ ВХОДИТЬ. РАБОТАЕТ ОПРОКИД». Табло устанавливаются на въезде и выезде из камеры опрокидывателя по ходовой стороне. Определение наличия состава в камере опрокидывателя обеспечивается за счет установки ультразвуковых датчиков. Датчики устанавливаются над рельсовыми путями в верхней точке горной выработки, на въезде и выезде из камеры опрокидывателя. Принцип измерения расстояния связан с измерением скорости прохождения волны, отраженной от электроваза в рабочем диапазоне измерений.

Для обеспечения возможности информирования оператора опрокидывателя и возможности квитирования аварии в кабине оператора был установлен пульт управления опрокидывателем. На пульте смонтированы четыре индикаторные лампы, информирующие оператора опрокидывателя о режиме работы системы или о присутствии посторонних в помещении вагоноопрокидывателя, и две кнопки «Разрешение работы» и «Сброс аварии».

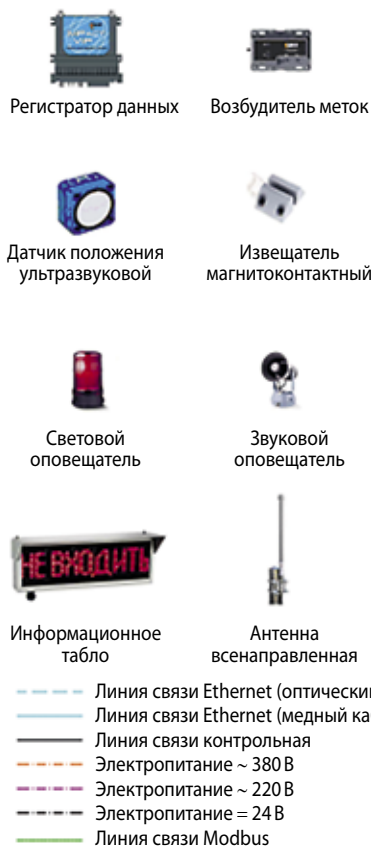
Аппарат осветительный шахтный (АОШ) предназначен для трансформирования рудничного напряжения 380 В в пригодные для источника бесперебойного питания 220 В. Источник бесперебойного питания (ИБП) установлен в контроллерный шкаф и предназначен для обеспечения непрерывной работы системы в случае отключения внешнего питания. Передача информации о состоянии ИБП в существующую систему SCADA обеспечена путем подключения платы сетевого управления источника бесперебойного питания к существующим станциям связи Кировского и Расвумчоррского рудников. Оборудование системы выполнено из материалов, устойчивых к воздействию сред, присутствующих в местах установки. Степень защиты от проникновения влаги и пыли корпусов не ниже IP65. В местах возможного механического повреждения или воздействия агрессивных сред соединительные линии прокладываются в защитных трубах и коробах. Промышленные сети Ethernet выполняются кабелем SFTP категории не ниже 5. Входные разъемы оборудования герметизируются. Структура взаимодействия комплекса технических средств СКО изображена на *рисунке*.

Выводы

Компанией ООО «ПРОМТЕХ» была создана единая система контроля соблюдения технологических операций на вагоноопрокидывателях и оповещения при нарушении хода



Условные обозначения



Структурная схема комплекса технических средств

их выполнения. Система стала одним из этапов модернизации Кировского рудника [11], а описанные в статье технологии используются при освоении новых горизонтов [12]. Безопасность нахождения работников в камере круговых опрокидывателей обеспечивается за счет взаимосвязи элементов аппаратно-технического комплекса, представленного высококачественным современным оборудованием. С помощью информационных табло ограничивается доступ работников во время разгрузки вагонов. Оповещение при несанкционированном доступе в камеру опрокидывателя происходит с помощью световой и звуковой сигнализаций. Таким образом, обеспечивается беспрепятственная работа машиниста электропоезда и оператора опрокидывателя. Программируемым логическим контроллером обрабатываются сигналы с устройств и передаются через магистральную сеть передачи данных на верхний уровень. Диспетчер рудника может получать информацию о процессах, происходящих в камере опрокидывателя и управлять режимами работы СКО. Описанная в статье система может изменяться в зависимости от потребностей заказчика, например, по окончании опытно-промышленной эксплуатации по заявке ФосАгро были запущены испытания модернизированного ПО системы, в результате которого метки электровазов не будут обнаруживаться системой, а разрешенное количество меток будет уменьшено на 1 для каждого режима.

Настоящая статья и описание системы, представленное в ней, помогут компаниям, находящимся на этапе разработки систем позиционирования, и компаниям, занимающимся промышленной безопасностью.

Список литературы

1. Михина Т.В. Состояние производственного травматизма в горнодобывающей промышленности // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2017. № 11. С. 192-199.
2. Качалов Н.А., Кукин Ю.С., Михина Т.В. Анализ тенденций динамики производственного травматизма в Российской Федерации // Безопасность жизнедеятельности. 2011. № 11. С. 2-6.
3. Ястребинская А.В., Едаменко А.С., Дивиченко И.В. Анализ производственного травматизма и пути его снижения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 11. С. 100-105.
4. Скрицкий В.А., Шлапаков П.А., Колыхалов В.В., Ерастов А.Ю. О результатах анализа аварий на высокопроизводительных выемочных участках шахт Кузбасса // Научно-технический журнал «Вестник». 2013. № 1-2. С. 125-129.
5. Azadeh Kushki, Konstantinos N. Plataniotis, Anastasios N. Venetianopoulos. WLAN Positioning Systems Principles and Applications in Location-Based Services. P. 42-52.
6. Francesco Dionori, Maryam Zehtabchi. The Role of Transport-Related Innovation in the Mining Sector. Global Challenges for Innovation in Mining Industries. Publisher: Cambridge University Press, 2022. P. 117-141. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781108904209.006>.
7. Рудник – позиционирование и мониторинг транспортных средств / Т.В. Насибуллина, А.В. Новиков, К.В. Паневников и др. // Горная промышленность. 2020. № 1. С. 127-131.
8. Christina Vlachou, Sebastien Henry. Part I – How Does PLC Work? A Practical Guide to Power Line Communications. Cambridge University Press, 2022. P. 15-16. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781108890823.004>.

9. Christina Vlachou, Sebastien Henry. Part II – How Does PLC Perform? A Practical Guide to Power Line Communications. Cambridge University Press, 2022. P. 119-120. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781108890823.008>.
10. Mariusz Specht. Consistency analysis of global positioning system position errors with typical statistical distributions // *Journal of Navigation*. November 2021. Vol. 74, Is. 6. P. 1201-1218.
11. Калугин А.И., Левин Б.В. Приоритетные направления комплексного использования хибинского апатит-нефелинового сырья и их практическая реализация. В сборнике: Труды НИУИФ 1919-2014 / ОАО «НИУИФ». М., 2014. С. 274-281.
12. Гурьев А.А. Устойчивое развитие рудно-сырьевой базы и обогатительных мощностей АО «Апатит» на основе лучших инженерных решений // *Записки Горного института*. 2017. Т. 228. С. 662-673. DOI: 10.25515/PMI.2017.6.662.

SAFETY

Original Paper

UDC 622.6:622.864:699.8 © M.P. Kabirov, O.A. Lettiev, V.V. Agafonov, 2023
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 1, pp. 40-45
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-1-40-45>

Title

PERSONNEL ACCESS CONTROL AND PREVENTION SYSTEM FOR ROTARY DUMPERS

Authors

Kabirov M.P.¹, Lettiev O.A.², Agafonov V.V.¹

¹ National University of Science and Technology "MISIS" (NUST "MISIS"), Moscow, 119049, Russian Federation

² PROMTEKH LLC, Moscow, 121069, Russian Federation

Authors Information

Kabirov M.P., Postgraduate student, e-mail: 0916863@gmail.com

Lettiev O.A., PhD (Engineering), Director of Production Process Automation Department, e-mail: o.lettiev@promtex.ru

Agafonov V.V., Doctor of Engineering Sciences, Professor

Abstract

The paper presents the experience gained by PROMTEKH LLC in designing a personnel access control and prevention system (ACPS) for rotary dumpers at Kirovsky and Rasvumchorrsky mines of the Kirovsk Branch of Apatit JSC by integrating a complex system of personnel and transport positioning with the local automated control systems. The article gives a justification of the topicality of the developed system, describes the basic technical solutions, the applied complex of technical means and the modes of operation. The ACPS is operated based on processing of data from the mine personnel positioning system by means of high-tech hardware installed directly in the dumper house, the signals from which are processed by a programmable logic controller and transmitted via a backbone data network to the central control room for registration and visualization in the SCADA system. The ACPS determines the number of personnel tags in the dumper house, compares it to the list of allowed tags and, if the number is exceeded, disconnects the dumper rotor and current collector of the electric locomotive from the overhead contact system. The dumper house is a mining excavation on the haulage level and it often accommodates not only the electric locomotive driver and the dumper operator, but also other employees of the mining company. The ACPS ensures their safe presence in the rotary dumper house. The project can only be implemented only through integration into the existing positioning system and is a functional development of this system. A correctly designed positioning system contributes to optimization of all the technological processes and, consequently, increases productivity and enhances work safety.

Keywords

Positioning, Communication, Traffic flow optimization, Mine transport, Rotary dumper, Dumper control system, Safety assurance, Industrial safety.

References

1. Mikhina T.V. The state of the industrial injuries frequency rate in the mining industry. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten*, 2017, (11), pp. 192-199. (In Russ.).
2. Kachalov N.A., Kukin Yu.S. & Mikhina T.V. Analysis of trends in the dynamics of industrial injuries frequency rates in the Russian Federation. *Bezopasnost zhiznedeyatelnosti*, 2011, (11), pp. 2-6. (In Russ.).
3. Yastrebinskaya A.V., Edamenko A.S. & Divichenko I.V. Analysis of industrial injuries frequency rates and ways to reduce them. *Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova* 2017, (11), pp. 100-105. (In Russ.).

4. Skritsky V.A., Shlapakov P.A., Kolykhalov V.V. & Yerastov A.Yu. On the results of accident analysis at high-output stopes of Kuzbass mines. *Vestnik Scientific and Technical Journal*, 2013, (1-2), pp. 125-129. (In Russ.).

5. Azadeh Kushki, Konstantinos N. Plataniotis & Anastasios N. Venetsanopoulos. WLAN Positioning Systems Principles and Applications in Location-Based Services, pp. 42-52.

6. Francesco Dionori & Maryam Zehtabchi. The Role of Transport-Related Innovation in the Mining Sector. *Global Challenges for Innovation in Mining Industries*, pp. 117-141. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781108904209.006> [Opens in a new window] Publisher: Cambridge University Press. Print publication year: 2022.

7. Nasibullina T.V., Novikov A.V., Panevnikov K.V., Pisarev I.V. Vehicle Positioning and Monitoring in Underground Mines. *Gornaya promyshlennost*, 2020, (1), pp. 127-131. (In Russ.).

8. Christina Vlachou & Sebastien Henry. Part I - How Does PLC Work? A Practical Guide to Power Line Communications, pp. 15-16. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781108890823.004> [Opens in a new window] Publisher: Cambridge University Press. Print publication year: 2022.

9. Christina Vlachou & Sebastien Henry. Part II – How Does PLC Perform? A Practical Guide to Power Line Communications, pp. 119-120. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781108890823.008>. [Opens in a new window]. Publisher: Cambridge University Press. Print publication year: 2022.

10. Mariusz Specht. Consistency analysis of global positioning system position errors with typical statistical distributions. *Journal of Navigation*, November 2021, Vol. 74, (6), pp. 1201-1218.

11. Kalugin A.I. & Levin B.V. Priority lines of complex use of the Khibiny apatite and nepheline raw materials and their practical implementation. In collected works: Proceedings of the Y. Samoilov Research Institute for Fertilizers and Insectofungicides (NIUIF) 1919-2014 / NIUIF JSC, Moscow, 2014, pp. 274-281. (In Russ.).

12. Guryev A.A. Sustainable development of the Apatit JSC ore and raw material base and processing facilities based on the best engineering solutions. *Zapiski Gornogo instituta*, 2017, (228), pp. 662-673. (In Russ.). DOI: 10.25515/PMI.2017.6.662.

For citation

Kabirov M.P., Lettiev O.A. & Agafonov V.V. Personnel access control and prevention system for rotary dumpers. *Ugol'*, 2023, (1), pp. 40-45. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-1-40-45.

Paper info

Received October 20, 2022

Reviewed November 30, 2022

Accepted December 26, 2022