

УДК 622.002.5:681.5.015

Грищенко Дарья Павловна, магистратура,  
Сибирский государственный индустриальный университет  
Grishchenko Daria Pavlovna, Master's degree,  
Siberian State Industrial University

**РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ  
УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ  
ОБЪЕКТОВ ГОРНО-ДОБЫВАЮЩЕЙ ШАХТЫ  
DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED PROCESS  
CONTROL SYSTEM FOR MINING FACILITIES**

**Аннотация.** Статья посвящена разработке автоматизированной системы управления технологическими процессами для объектов горно-добывающего предприятия на примере шахты «Алардинская». Рассмотрена иерархическая архитектура системы, интегрирующая датчики, программируемые логические контроллеры и SCADA-систему для управления ключевыми процессами: от бурения и транспортировки до вентиляции и мониторинга газовой среды. Особое внимание уделено адаптации системы к специфичным условиям подземной эксплуатации, включая повышенную опасность и изменчивость геологической обстановки. Проанализированы ключевые преимущества внедрения, такие как повышение безопасности персонала за счёт дистанционного управления, оптимизация производительности, снижение эксплуатационных затрат за счёт предиктивного обслуживания и минимизации простоев.

**Abstract.** This article examines the development of an automated process control system for mining facilities, using the Alardinskaya mine as an example. The hierarchical architecture of the system, integrating sensors, programmable logic controllers, and a SCADA system for managing key processes, from drilling and transportation to ventilation and gas monitoring, is examined. Particular attention is paid to adapting the system to the specific conditions of underground mining, including the increased hazard and variability of the geological environment. Key implementation benefits are analyzed, including improved personnel safety through remote control, optimized productivity, and reduced operating costs through predictive maintenance and minimized downtime.

**Ключевые слова:** Автоматизированная система управления технологическими процессами, горно-добывающая шахта, программируемый логический контроллер, дистанционное управление, предиктивное обслуживание, промышленная безопасность.

**Keywords:** Automated process control system, mining mine, programmable logic controller, remote control, predictive maintenance, industrial safety .

Современная горнодобывающая промышленность сталкивается с комплексом вызовов, включающих необходимость повышения эффективности производства в условиях роста глубины разработок, ухудшения геологических условий и ужесточения требований к промышленной и экологической безопасности [9, с. 29]. Одним из ключевых направлений технологической модернизации отрасли является внедрение комплексных автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП), способных интегрировать разрозненные данные, обеспечить централизованный контроль и оптимизировать работу оборудования в реальном времени [3, с. 308].

Особую актуальность эта задача приобретает для угледобывающих предприятий, работающих в специфичных и опасных условиях, характеризующихся повышенным уровнем метаноносности, пылеобразованием, рисками внезапных выбросов и обрушений пород [5, с. 119]. Традиционные системы локальной автоматизации зачастую не обеспечивают необходимой



степени интеграции и аналитики, что ограничивает возможности по оперативному реагированию на аварийные ситуации и глобальной оптимизации производственного цикла [10, с. 108].

В этом контексте разработка и внедрение многоуровневой АСУ ТП для конкретного горнодобывающего объекта представляет собой значительный научно-практический интерес. В качестве объекта исследования в данной статье рассматривается шахта «Алардинская», для которой разрабатывалась система, учитывающая все указанные отраслевые особенности.

Целью работы является описание архитектуры, функциональных возможностей и оценка эффективности внедрения специализированной АСУ ТП на данном предприятии.

Архитектура системы строится по иерархическому принципу и включает датчики и исполнительные механизмы нижнего уровня, программируемые логические контроллеры (ПЛК) среднего уровня, а также SCADA-платформу верхнего уровня для визуализации, сбора данных и аналитики. Ключевой особенностью является интеграция с системами мониторинга метана и вентиляции, а также модульность конструкции, обеспечивающая возможность адаптации к изменяющимся условиям [5, с. 119].

Разработанная для шахты «Алардинская» автоматизированная система управления построена по классической трёхуровневой иерархической модели, адаптированной к жёстким требованиям подземной эксплуатации [2, с. 13].

Физический (нижний) уровень представлен распределённой сетью специализированных датчиков и исполнительных механизмов. Для контроля газовой среды используются метаноанализаторы и датчики кислорода, отвечающие стандартам взрывозащиты. Мониторинг состояния оборудования и среды осуществляется датчиками температуры, давления, вибрации и потока, установленными на ключевых узлах: буровых установках, ленточных конвейерах, вентиляторах главного проветривания и насосных станциях [8, с. 57]. Исполнительные устройства, такие как частотно-регулируемые приводы конвейеров и заслонок вентиляционной системы, обеспечивают возможность дистанционного воздействия на технологические параметры.

Функциональный (средний) уровень системы базируется на программируемых логических контроллерах, расположенных в защищённых шкафах управления как на поверхности, так и в подземных выработках. ПЛК выполняют задачи локальной автоматизации, реализуя типовые алгоритмы регулирования, сбор данных с датчиков и первичную диагностику. Ключевым требованием при выборе ПЛК являлась их отказоустойчивость и способность работать в условиях повышенной влажности и запылённости [2, с. 10].

Диспетчерский (верхний) уровень реализован на базе промышленной SCADA-системы, выполняющей функции централизованного сбора, визуализации, архивирования и анализа данных. Операторский интерфейс предоставляет мнемосхемы технологических процессов в реальном времени, исторические тренды и систему предупреждений [1, с. 314]. Особенностью системы для шахты «Алардинская» является её глубокая интеграция с корпоративными системами более высокого уровня через стандартизированные программные интерфейсы. Это позволяет агрегировать оперативные данные о производительности, расходе материалов и энергопотреблении с плановыми показателями, обеспечивая основу для управленческого учёта и предиктивной аналитики.

Внедрение АСУ ТП позволит комплексно автоматизировать основные производственные циклы шахты. На этапе подготовки забоя интеллектуальные алгоритмы, работающие на уровне ПЛК и SCADA, анализируют данные геологической разведки и оптимизируют траектории бурения шпуров, что повышает эффективность последующих взрывных работ и снижает объём перебуренных пород [6, с. 174].

Управление конвейерным транспортом угля может быть реализовано по принципу адаптивной логики [7, с. 37]. Датчики загрузки ленты передают информацию на ПЛК,



который, в свою очередь, регулирует скорость привода с целью минимизации износа оборудования и энергопотребления при обеспечении заданной производительности [4, с. 50]. Система вентиляции и дегазации, являющаяся критически важной для безопасности, переведена в автоматический режим работы. Концентрация метана, контролируемая сетью газоанализаторов, является основным входным параметром для алгоритмов, управляющих скоростями вентиляторов и позициями регулирующих заслонок, обеспечивая оптимальный воздухообмен и быстрое реагирование на превышение пороговых значений [8, с. 56].

Наиболее значимым с точки зрения безопасности персонала станет внедрение систем дистанционного управления проходческими комбайнами и самоходными вагонами. Операторы могут управлять техникой из защищенных диспетчерских пунктов, что полностью исключает их нахождение в непосредственной близости от забоя – зоны с повышенными рисками обрушения и внезапных выбросов [10, с. 108]. Это решение, помимо повышения безопасности, позволит организовать практически круглосуточную работу техники без перерывов, связанных с перемещением людей, что напрямую сказалось на росте производительности.

Предложенная трёхуровневая иерархическая архитектура, интегрирующая датчики, программируемые логические контроллеры и SCADA-систему, обладает надёжностью в специфических условиях подземной эксплуатации, характеризующихся повышенной опасностью и сложной геологической средой.

Внедрение системы позволит достигнуть двух ключевых целей: существенное повышение уровня промышленной безопасности и значительный рост производственно-экономических показателей. Дистанционное управление основным горным оборудованием позволит минимизировать присутствие персонала в непосредственной зоне производства работ, что является наиболее эффективным методом предотвращения травматизма. Одновременно, за счёт оптимизации режимов работы, непрерывного мониторинга состояния агрегатов и сокращения организационных простоев, возможна экономия эксплуатационных затрат и рост производительности.

*Список литературы:*

1. Андреева М. М. Современные SCADA-системы в химико-технологической промышленности / М. М. Андреева, И. Л. Шагапов, Н. В. Соловьев, И. И. Нуретдинов // Вестник Казанского технологического университета. – 2015. – Т. 18, № 2. – С. 312–315.
2. Баловцев С. В. Сравнительная оценка аэрологических рисков на действующих угольных шахтах / С. В. Баловцев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2021. – № 2-1. – С. 5–17.
3. Власов С. Л. Модульный программный подход к построению систем обработки технологических данных в АСУТП на основе направленных ациклических графов / С. Л. Власов // Инженерный вестник Дона. – 2025. – № 8 (128). – С. 301–313.
4. Гурбанмырадов М. Цифровой двойник горного предприятия / М. Гурбанмырадов, Дж. Мырадова, С. Бегмырадов // Символ науки. – 2025. – № 1-1-2. – С. 49–51.
5. Зиновьева О. М. Цифровизация систем управления промышленной безопасностью в горном деле / О. М. Зиновьева, Д. С. Кузнецов, А. М. Меркулова, Н. А. Смирнова // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2021. – № 2-1. – С. 113–123.
6. Кульбиков А. Д. Интеллектуальные системы в бурении скважин / А. Д. Кульбиков, Г. И. Кучукбаев, И. М. Нигматзянов, А. В. Дьячков, Р. Р. Галлямов // Инновации и инвестиции. – 2023. – № 7. – С. 172–175.



7. Наговицын О. В. Развитие горно-геологической информационной системы в современных реалиях российской горнодобывающей отрасли / О. В. Наговицын // Горная промышленность. – 2023. – № 5S. – С. 35–40.

8. Тепляков А. А. Автоматизация и диспетчеризация систем вентиляции / А. А. Тепляков // Восточно-Европейский научный журнал. – 2018. – № 5-1 (33). – С. 55–59.

9. Тюленева Т. А. Цифровизация горнодобывающей промышленности региона: проблемы и перспективы / Т. А. Тюленева // Вестник Сургутского государственного университета. – 2020. – № 4 (30). – С. 25–33.

10. Шевченко А. Н. О перспективах применения автоматизированных способов добычи полезных ископаемых / А. Н. Шевченко, В. А. Храмовских // Науки о Земле и недропользование. – 2019. – Т. 42, № 1 (66). – С. 104–111.

