

Пропонується система управління на основі нечіткої логіки, яка дозволяє мобільному робототехнічному комплексу досягати поставлених цілей в середовищі, яке спостерігається частково. В системі управління базові поведінки запропоновано розширити поведінками “рух вздовж стіни справа” та “рух вздовж стіни зліва”, які використовуються при оминанні перешкод. Для кожної з поведінок та для контролю швидкості розроблені набори нечітких правил та реалізовано метод уникнення конфліктів при координації поведінок. Блок керування швидкістю реалізовує більш точне і швидке досягнення цілей шляхом зменшення швидкості при наближенні до перешкоди або цілі та збільшення швидкості в іншому випадку. Бібл. 10, табл. 3, рис. 2.

Ключові слова: мобільний робототехнічний комплекс, нечітка логіка, середовище що спостерігається частково, управління на основі поведінок.

УДК 004.896

И. ЦМОЦЬ, д-р техн. наук, проф., **В. ТЕСЛЮК**, д-р техн. наук, проф.,
А. РОМАНЮК, канд. техн. наук, доц., **И. ВАВРУК**, асп.
Национальный университет “Львовская политехника”

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА В ЧАСТИЧНО НАБЛЮДАЕМОЙ СРЕДЕ

Представляется система управления на основе нечеткой логики для достижения целей мобильным робототехническим комплексом в частично наблюдаемой среде. Базовые поведения в системе управления расширены дополнительными поведением “движение вдоль стены справа” и “движение вдоль стены слева”, которые будут использоваться для обхода препятствий. Для каждого из поведений и для контроля скорости разработаны наборы нечетких правил. Также разработан метод избежания конфликтов при координации поведений. Блок управления скоростью реализовывает более точное и быстрое достижение целей с помощью уменьшения скорости при приближении к препятствию или цели и увеличения скорости в противном случае. Библ. 10, табл. 3, рис. 2.

Ключевые слова: мобильный робототехнический комплекс, нечеткая логика, частично наблюдаемая среда, поведенческое управление.

Надійшла 15.04.2015

Received 15.04.2015

УДК 62519

Б.Р. РАКИШЕВ¹, акад. НАН РК, д-р техн. наук, проф., **А.А. КОПЕСБАЕВА**², канд. техн. наук, доц.,
А.М. АУЭЗОВА², канд. техн. наук, **А.Е. КУТТЫБАЕВ**¹, канд. техн. наук

¹ Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева

² Алматинский университет энергетики и связи,

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЙ ВЗРЫВНОЙ ПОДГОТОВКИ ГОРНЫХ ПОРОД

Подготовка высококвалифицированных кадров в технических ВУЗах будет неполной, если обучающиеся (бакалавры, магистранты и докторанты) не имеют возможности тестировать модели технологических и производственных процессов, так как они не в состоянии определить структуру и параметры данных процессов по каналам управления и оценить уравнение взаимосвязи входных и выходных координат наглядно, в связи с этим, такой специалист не может грамотно эксплуатировать (управлять) функционирующим производством, а тем более создавать и проектировать новые более эффективные технологии и системы управления ими. Современные SCADA – системы (Supervisory Control and Data Acquisition) – позволяют разрабатывать виртуальные модели различной сложности, максимально приближенные к реальным технологическим и производственным процессам, контроллерное управление данными процессами, визуализацию и возможность тестировать изменения параметров технологического процесса в режиме реального времени для использования в соответствующих учебных работах по профилирующим дисциплинам технических специальностей ВУЗов. В данной статье рассматривается исследование сложноструктурных блоков в условиях карьера, разработка программно-технических комплексов для определения внутренней структуры развала пород и их горно-технологических характеристик, параметров буровзрывных работ, визуализация в режиме реального времени массива пород при различных параметрах взрывания на основе современных SCADA – систем.

© Б.Р. Ракишев, А.А. Копесбаева, А.М. Ауэзова, А.Е. Куттыбаев, 2015

Ключевые слова: SCADA-система, компьютерное моделирование, автоматизированное проектирование, программируемые логические контроллеры, объекты горной технологии, параметры расположения зарядов.

Исследованиям различных аспектов открытой разработки сложноструктурных месторождений руд цветных, благородных и редких металлов посвящено много работ. В них большое внимание уделяется роли взрывных работ в обеспечении требуемого качества дробления и размещения разнородных руд в развале. Однако взаимосвязь между исходными геолого-морфологическими данными, параметрами расположения зарядов, технологией взрывных работ и их конечными результатами в этих источниках не раскрыта, что требует проведения соответствующих исследований.

При взрывных работах на карьерах происходит разрушение горного массива, следствием чего является трансформация внутренней структуры взрывающего участка. В зависимости от параметров расположения скважинных зарядов в массиве, последовательности их инициирования, способа взрывания можно достичь различных результатов в указанном направлении. Эффективное ведение добычных работ и рациональное использование минеральных ресурсов основывается на идентификации закономерностей размещения полезных ископаемых в массиве и развале, оперативном управлении процессами, обеспечивающих стабильное качество добываемой руды. В связи с этим разработка программно-технических комплексов с интегрированной SCADA-системой, на основе параметров расположения зарядов в сложноструктурном блоке, размещении разнородных пород сложноструктурных блоков в развале с учетом их горно-технологических характеристик является актуальной [1].

В настоящее время является актуальной проблема создания автоматизированных систем расчета параметров взрывных работ и проектирования массовых взрывов, а также автоматизированных систем анализа данных о структуре и механических свойствах разрушаемой среды. Для этих целей разработана интеллектуальная система компьютерного моделирования объектов горной технологии в программной среде Unity Pro и на ее основе компьютерная технология автоматизированного расчета и проектирования открытых массовых взрывов любой сложности, основанная на моделировании объектов горной технологии, интерактивной графике, компьютерных средств обработки результатов моделирования и формирования рабочих чертежей и технической документации. Основное преимущество данной технологии заключается в системном подходе при решении геологических, маркшейдерских и технологических задач, обеспечивающих реализацию программных средств проектирования в едином информационном пространстве горного предприятия.

Программный пакет может являться частью автоматизированной системы управления технологическим процессом, научного эксперимента, производственного процесса и т. д. Программное обеспечение может быть установлено на компьютеры, для связи с объектом используются программируемые логические контроллеры (ПЛК), драйверы ввода-вывода или OLE (Object Linking and Embedding for Process Control/Dynamic Data Exchange (OPC/DDE)) серверы. Программный код может быть, как написан на языке программирования, так и сгенерирован в среде проектирования.

Данный программный пакет решает следующие задачи: обмен данными с «устройствами связи с объектом», (то есть с контроллерами и платами ввода/вывода) в реальном времени через драйверы; обработка информации в реальном времени; логическое управление; отображение информации на экране монитора в удобной и понятной для человека форме; ведение базы данных реального времени с технологической информацией; аварийная сигнализация и управление тревожными сообщениями; подготовка и генерирование отчетов о ходе технологического или производственного процесса; обеспечение связи с внешними приложениями (системы управления базами данных, электронные таблицы, текстовые процессоры и т. д.).

В системе управления предприятием такими приложениями чаще всего являются приложения, относимые к уровню MES – систем (Manufacturing Execution System) – специализированное прикладное программное обеспечение, предназначенное для решения задач синхронизации, координации, анализа и оптимизации выпуска продукции в рамках какого-либо производства [2,3].

Проведенный анализ научно-технической литературы и опыт отечественной и зарубежной практики горнодобывающих предприятий показывает, что при разработке сложноструктурных месторождений открытым способом от результатов их взрывной подготовки к выемке зависят не только высокопроизводительная работа выемочно-погрузочного, транспортного и дробильного оборудования, но и количественные и качественные потери полезного ископаемого, а также энергозатраты на производстве.

Взрывная подготовка сложноструктурных блоков к выемке должна отвечать следующим требованиям: обеспечить равномерное качественное дробление взорванной горной массы, что предопределяет объем и качество сложной селекции; обеспечить необходимые технологические параметры развала взорванной горной массы; обеспечить наименьшее перемешивание дробления в процессе взрыва различных сортов руды между собой и с пустыми породами; придать рудному телу (включениям) в развале форму, удобную

для обособленной выемки с наименьшими количественными и качественными потерями; уменьшить энергозатраты на производстве.

В связи с изложенным, целью наших работ является разработка программно-технических комплексов проектирования параметров буровзрывных работ, визуализация в режиме реального времени моделей развала взорванной горной массы при различных способах взрывания; прогнозирование размещения разнородных пород сложноструктурного блока в развале. Разработка рекомендаций по минимизации количественных и качественных потерь при отработке сложноструктурных блоков. Кроме того, наблюдать реальный эксперимент в производственных условиях, как правило, недоступно, а на виртуальных стендах можно один и тот же эксперимент запустить несколько раз в режиме реального времени, изменив его параметры, и сравнить результат.

Указанные задачи успешно могут быть решены с использованием модели поэтапного разрушения пород уступа при взрыве скважинных зарядов, разработанной Б.Р. Ракишевым [4].

Эмпирические зависимости содержат коэффициенты, использование которых дает лишь ориентировочные значения интервала. Положив в основу методику расчета параметров БВР, базирующуюся на учете физико-механических свойств пород и детонационных характеристик ВВ, можно установить рациональные параметры БВР, не прибегая к реальному эксперименту. В свою очередь это позволит улучшить подготовку высококвалифицированных кадров в технических высших учебных заведениях (ВУЗ) [1].

Программно-технический комплекс системы автоматизированного проектирования расчета БВР нагляден, удобен в использовании и имеет несложный интерфейс. Программа системы автоматизированного проектирования БВР позволяет оперативно рассчитать параметры БВР для составления паспорта на бурение скважин и проектирования массового взрыва в конкретных производственных условиях, а также визуализировать результаты БВР и генерировать рекомендации по уменьшению количественных и качественных потерь.

Возможности интегрированных SCADA-систем обширны, кроме приложенных непосредственно к программной среде библиотек различных приборов и устройств, они позволяют также произвольно создавать объекты любой сложности, программировать принципы функционирования различных процессов и виртуально запускать в режиме реального времени, с учетом всех факторов исследуемого процесса.

Описание алгоритма программы:

1. Начало.

2. Вводятся исходные данные: ρ_0 - плотность породы, кг/м³; c - скорость звука в породе, м/с; ν - коэффициент Пуассона; $\sigma_{сж}$ - предел прочности на сжатие, Па; σ_p - предел прочности на растяжение, Па; $\rho_{вв}$ - плотность взрывчатого вещества, кг/м³; D - скорость детонации, м/с; H - высота взрываемого блока, м; d_0 - диаметр скважины, м; p - вместимость единицы длины скважины, кг/м.

3. Определяются: P_c - прочностная характеристика среды, Па; P_n - начальное давление продуктов детонации, Па.

4. Определяются: \bar{r}_{no} - относительный предельный радиус полости; r_{np} - предельный радиус полости, м; r_2 - радиус зоны мелкого дробления, м; r_1 - радиус зоны радиальных трещин, м.

5. Определяются: W - линия сопротивления по подошве уступа (ЛСПП), м; a - расстояние между скважинами, м; a_p - расстояние между рядами скважин, м; h_z - длина заряда над уровнем подошвы уступа, м; l_2 - длина незаряженной части скважины, м; l_n - длина перебура скважины, м.

6. Определяются: l_1 - длина заряда в скважине, м; l_c - глубина скважины, м; $h_{вн}$ - длина промежутка между частями заряда, м; n - число частей заряда.

7. Определяются: Q - масса заряда в скважине, кг; u - скорость перемещения стенок полости, м/с; τ - время замедления, с; q_p - удельный расход ВВ, кг/м³.

8. Выводятся на экран результаты вычислений и визуализация уступа.

9. Конец.

Программный интерфейс проектирования автоматизированных систем управления технологических процессов (АСУТП) с использованием интегрированной SCADA-системы Unity Pro (Schneider Electric), предполагает использование браузера проекта, который предназначен для разработки структуры проекта и математической основы обработки данных и управления. Использование редактора представления данных служит для разработки графической составляющей проекта. Применения новейших информационных технологий и программных продуктов, которые дают возможность успешного использования прикладных методов идентификации промышленных объектов разных классов с

алгоритмами их реализации для получения не только качественных, но и количественных моделей исследуемых объектов, повышает эффективность управления сложными промышленными объектами.

Unity Pro - это программная среда конфигурирования, программирования, отладки и диагностики исполнительных систем промышленных контроллеров Modicon производства Schneider Electric: Modicon M340, TSX Premium (включая Atrium) и Quantum. Единая программная среда - "все в одном", 5 языков стандарта МЭК 61131-3, встроенная адаптируемая Библиотека Функциональных Блоков (Derived Function Block (DFB)), симулятор программируемого логического контроллера ПЛК в персональном компьютере для отладки программ, встроенная диагностика, полный набор онлайн сервисов [2,5].

Необходимо создать проект в среде Unity Pro, а затем конфигурацию контроллера Modicon M340 с процессором PLC BMX P34 2020, добавить дискретный модуль DDM 3202K в слот 1, дискретный модуль DDO 3202K в слот 2, аналоговый модуль AMI 0410 в слот 3, аналоговый модуль AMO 0410 в слот 4 [2]. Расчет произведен на примере диоритовых порфиров Сербайского месторождения. Все данные вводятся в символьную таблицу переменных Elementary Variables. На рисунке 1 представлено рабочее поле программы автоматизированного проектирования буровзрывных работ (БВР).

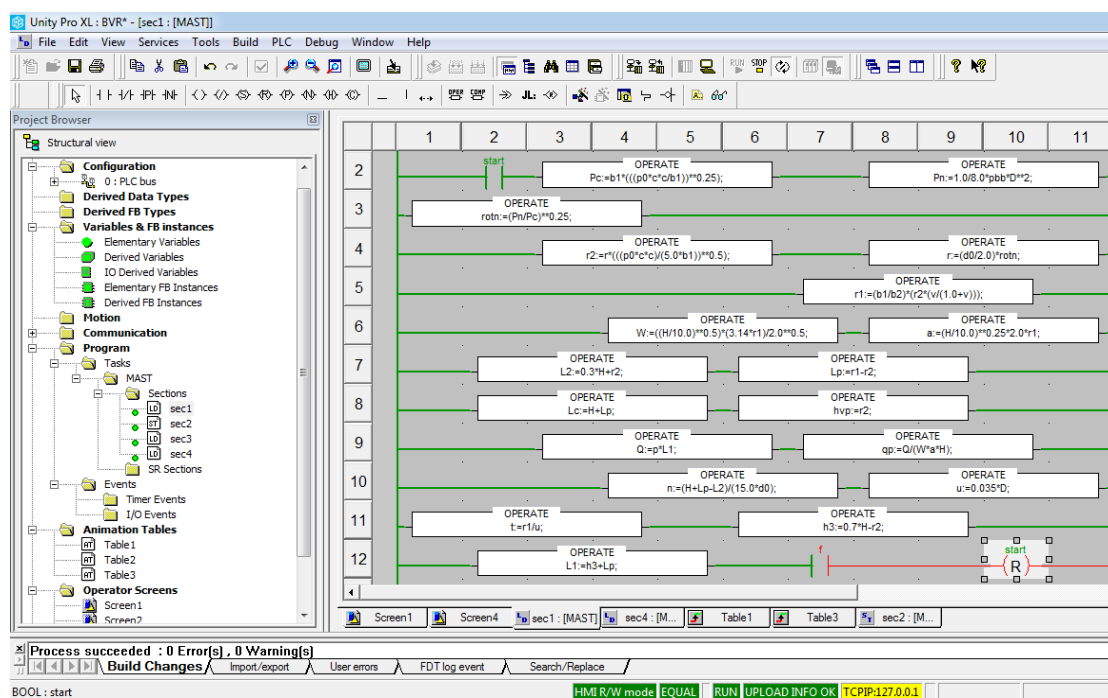


Рисунок 1 - Рабочее поле программы на языке LADDER (LD)

После запуска программы открывается следующее окно и вводятся соответствующие данные: плотность породы ρ_0 , кг/м³; скорость звука в породе c , м/с; коэффициент Пуассона ν ; предел прочности на сжатие $\sigma_{сж}$, Па; предел прочности на растяжение $\sigma_{раст}$, Па; плотность применяемого взрывчатого вещества; $\rho_{вв}$ кг/м³; скорость детонации D , м/с; высота уступа H , м; диаметр скважины d_0 , м; вместимость единицы длины скважины p , кг/м.

После ввода всех данных можно их либо изменить, либо произвести расчет, нажимая соответствующую кнопку «данные введены». В итоге программы появляется окно с выводом всех результатов, прорисовываются контуры массива в соответствии с расчетными параметрами. Далее можно произвести расчет заново нажатием на опцию «начать заново» или изменить какие-либо данные, представлено на рисунке 2.

Данные также можно ввести и посредством анимационной таблицы. Выводы результатов также регистрируются в этой таблице и изменяются в режиме реального времени, показано на рисунке 3.

Тестовые результаты совпадают с результатами из контрольного примера, что подтверждает работоспособность программы и ее пригодность для использования.

Обширная научно-техническая литература затрагивает, в основном, лишь некоторые узкоспецифические вопросы и ограничивается рассуждениями общего характера на основе сложных математических выкладок, которые не очень хорошо воспринимаются обучающимися, и не дают конкретных рекомендаций по их прикладному использованию, а также наглядной демонстрации реальных производственных и технологических процессов и влияния изменения некоторых параметров в режиме реального времени на конечный результат (продукт). В связи с этим создание виртуальных моделей в

интегрированной SCADA-системе, имитирующих реальные технологические и производственные процессы, контроллерное управление данными процессами, визуализацию в режиме реального времени является необходимым требованием при исследовании современных процессов.

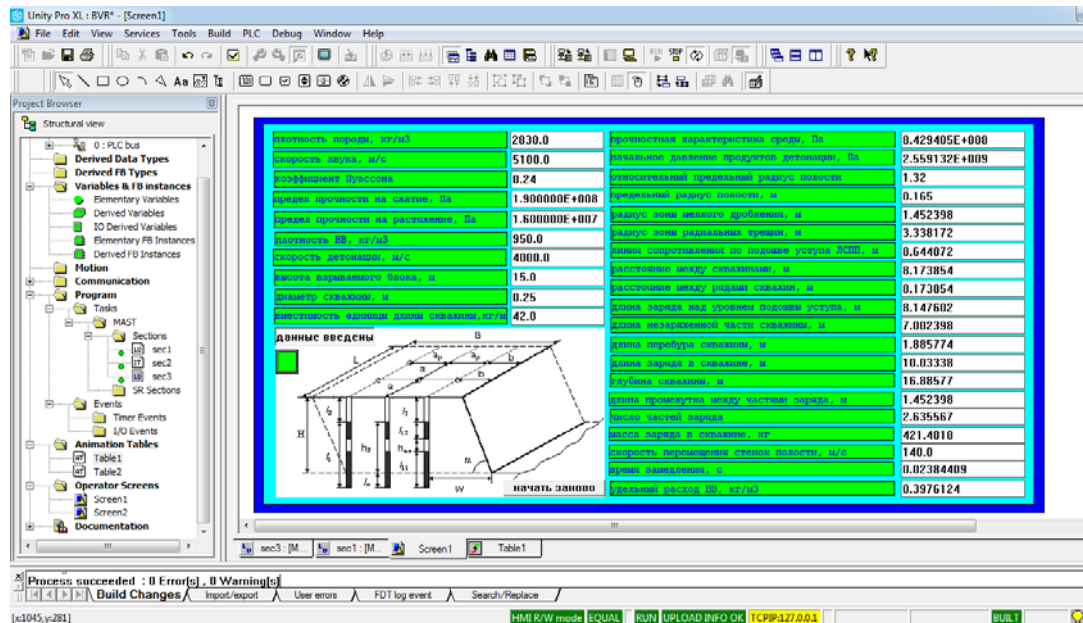


Рисунок 2 - Окно вывода результатов

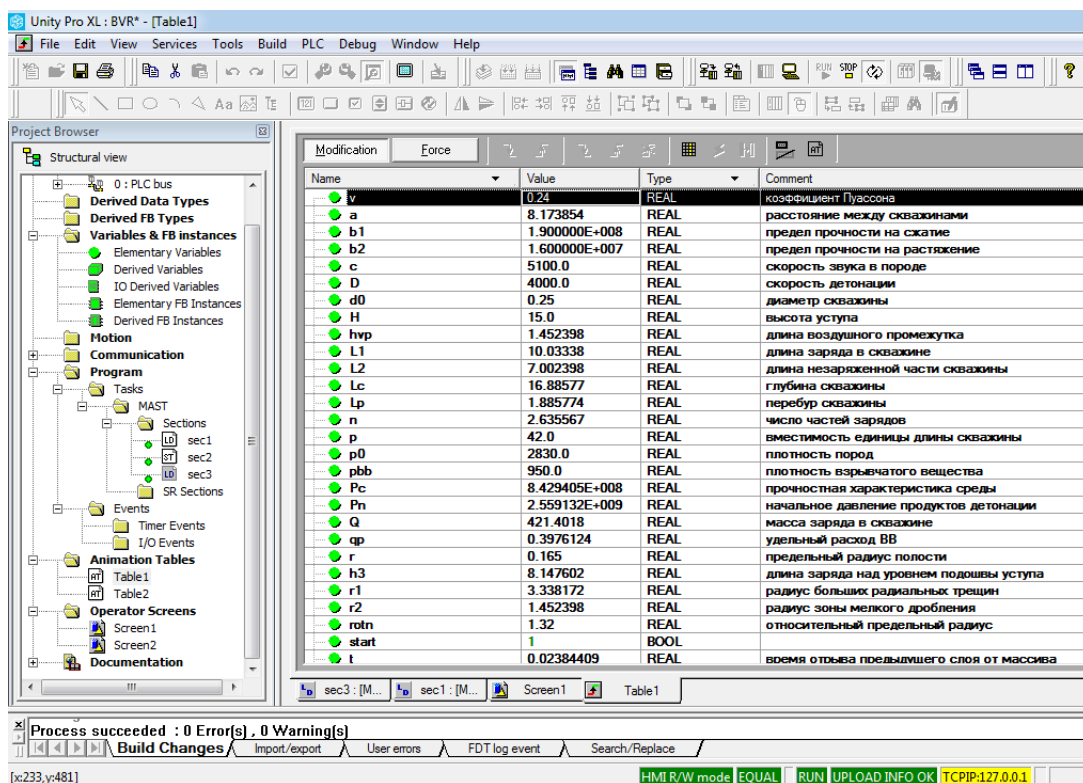


Рисунок 3 - Анимационная таблица ввода данных и вывода результатов

Выводы

1. Исследование и разработка программного пакета проектирования параметров буровзрывных работ, визуализация моделей массива пород при различных параметрах взрывания в режиме реального времени.
2. Прогнозирование размещения разнородных пород сложноструктурного блока в развале.
3. Разработка рекомендаций по минимизации количественных и качественных потерь при отработке сложноструктурных блоков.

Список литературы

1. Ракишев Б.Р., Ракишева З.Б., Ауэзова А.М., Дауренбекова А.Н. Регрессионные модели разноразмерных массивов пород. // Вестник Казахского национального технического университета. – 2013. - № 6 (100). - С. 104-110.
2. Платформа автоматизации Modicom M340. Каталог Schneider Electric 2009.
3. Адамбаев М.Д., Ауэзова А.М. Use of the Programmable Logical Controllers in Studies Technical Specialties of Higher Education Institutions. // “Modern Science: Problems and Perspectives” International Conference, Las Vegas, NV, April 15, 2013. International Center for Education & Technology, USA. С. 337-339.
4. Ракишев Б.Р. Автоматизированное проектирование параметров и результатов массовых взрывов на карьерах. – Казахстан, Алматы: КазНТУ, 2006. - 110 с.
5. Адамбаев М.Д., Ауэзова А.М. Programming controllers and visualization in the software environment Unity Pro. // The 11th International Scientific Conference “Information Technologies and Management”, 18-19 april 2013. Riga. С. 74-76.

B.R. RAKISHEV¹, A.A. KOPESBAYEVA², A.M. AUEZOVA², A.Y. KUTTYBAYEV¹

¹ **K.I. Satpayev Kazakh National Technical University**

² **Almaty University of Power Engineering & Telecommunications**

INTELLIGENT SYSTEMS TECHNOLOGIES OF ROCK MASS BLASTING PREPARATION

Training of highly qualified personnel at Higher Educational Institutions will be incomplete if students (bachelors, masters and doctors) don't have the opportunity to test modules of technological and production processes, as they would not be able to determine the structure and parameters of these processes via control channels and estimate the equation of relationship of input and output coordinates graphical-ly/visually, consequently, such personnel cannot operate (manage) production, much less create and design new more efficient technologies and control systems thereof. Modern supervisory control and data acquisition systems (SCADA) — allow developing virtual models of different complexity most closely resembling actual technological and production processes, controller management of such processes, visualization and opportunity of testing parameters changes of technological processes in real time mode for use in corresponding training researching in major technical specialties at HEI. This article considers the research of complex structured blocks in quarry conditions, development of software hardware complexes for determination of internal structure of debris and their rock processing characteristics, parameters of drilling and blasting operations, and visualization in real time mode of rock mass with different blasting parameters based on modern SCADA systems.

Key words: SCADA-system, computer modeling, computer-aided design, the objects of mining technology, parameters of the charge location.

References

1. Rakishev B.R., Rakisheva Z.B., Auezova A.M., Daurenbekova A.N. The regression models of different block-sizes rock massifs. // Vestnik Kazakhskogo natsional'nogo tekhnicheskogo universiteta. - 2013. – № 6 (100). - P. 104–110 (Rus.).
2. Automation Platform Modicom M340. Schneider Electric catalog 2009 (Rus.).
3. Adambaev M.D., Auezova A.M. Use of the Programmable Logical Controllers in Studies Technical Specialties of Higher Education Institutions. // “Modern Science: Problems and Perspectives” International Conference, Las Vegas, NV, April 15, 2013. International Center for Education & Technology, USA. P. 337-339.
4. Rakishev B.R. Automated designing of parameters and large scale blasts results in quarries. - Kazakhstan, Almaty: KazNTU, 2006. - 110 p (Rus.).
5. Adambaev M.D., Auezova A.M. Programming controllers and visualization in the software environment Unity Pro. // The 11th International Scientific Conference “Information Technologies and Management”, 18-19 april 2013. Riga. P. 74-76.

Надійшла 14.04.2015

Received 14.04.2015