

9. А.с. СССР №1617021. Способ получения железорудных окатышей с остаточным углеродом / **М.З. Рогинский, М.Д. Жембус, С.Г. Шарапов**. – 1990. – Бюл. №48.
10. Производство опытной партии железорудных окатышей с остаточным углеродом на СевГОКе / **Ф.М. Журавлев, Д.А. Ковалев, О.А. Гогенко** и др. // Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции «Пути развития науки и техники при подготовке руд черных металлов к металлургическому переделу». – Кривой Рог, 1991. – С. 23-25
11. Патент України №94772. Спосіб виробництва обпалених обкотишів із залишковим вуглецем / **Ф.М. Журавльов, В.П. Лялюк, І.А. Ляхова** та інші. – 2014. – Бюл. №22.
12. Патент України №95240. Спосіб виробництва обпалених котунів із залишковим вуглецем / **Ф.М. Журавльов, В.П. Лялюк, І.А. Ляхова** та інші. – 2014. – Бюл. № 23.
13. Патент України №95241. Спосіб отримання випалених котунів із залишковим вуглецем / **Ф.М. Журавльов, В.П. Лялюк, І.А. Ляхова** та інші. – 2014. – Бюл. №23.
14. Использование опытных железорудных офлюсованных окатышей с остаточным углеродом в доменной плавке / **Д.А. Ковалев, Ф.М. Журавлев, Н.Д. Ванюкова** и др. // Сталь. – 1999. – №8. – С. 4-9
15. Патент України по заявці № 2014 12054. Спосіб виробництва офлюсованого огрудкованого матеріалу із залишковим вуглецем / **Ф.М. Журавльов, В.П. Лялюк, І.А. Ляхова** та інші. – 2015.

Рукопись поступила в редакцию 17.04.15

УДК 622.81: 622.271: 622.235

В.И. ГОЛИК, д-р техн. наук, проф., Геофизический институт Владикавказского научного центра
В.И. КОМАЩЕНКО, д-р техн. наук, проф.,

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

В.С. МОРКУН, д-р техн. наук, проф., Криворожский национальный университет

РАЗРАБОТКА ТИПОВЫХ ПРОЕКТОВ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА КАРЬЕРАХ ОТКРЫТОЙ ДОБЫЧИ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Совершенствование технологии открытой добычи руд на карьерах неразрывно связано с повышением эффективности буровзрывных работ (БВР), которые являются одной из важнейших составляющих современной технологии подготовки горной массы. Важным резервом повышения эффективности БВР является создание и внедрение новейших современных технологий взрывного разрушения, добычи и переработки железных руд, позволяющих снизить техногенные нагрузки горнодобывающих предприятий на окружающую среду. Следовательно, совершенствование взрывных работ на карьерах на основе оптимизации параметров БВР, базирующиеся на концепциях баз данных, имитационного моделирования, экспертных и геоинформационных систем-ГИС, а также разработки новых схем взрывания и конструкций зарядов, является актуальной задачей.

При проведении экспериментов использовалась комплексная методика исследований, включающая системный и статистический анализы, проведение экспериментальных взрывов, производственно-технические обобщения.

Ключевые слова: дробление горной массы, взрывная отбойка, карьеры, скважинные заряды, конверсионные добавки, буровзрывные работы, охрана окружающей среды, геоэкология.

Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями. Эффективное проектирование горных объектов невозможно без адекватного информационного обеспечения, поскольку процесс принятия решений сопряжен с анализом значительного объема разнородной информации и затруднен из-за недостаточной формализации. Большинство проектных организаций используют разнообразные компьютерные информационные системы, базирующиеся на концепциях баз данных, имитационного моделирования, экспертных и геоинформационных систем-ГИС [1].

В последнее время появилась необходимость решать принципиально новые задачи, в том числе автоматизации сводных расчетов параметров БВР. До настоящего времени эти расчеты проводились, в основном, как разовые работы. Проведению сводных расчетов предшествовала долгая работа по накоплению исходных данных. В настоящее время при стремительном изменении объемов производства, перераспределении и увеличении потоков очевидно динамичное изменение характеристик взрывных работ.

Предприятия, специализирующиеся на разработке программного обеспечения, осваивают идею, внедрение которой позволило бы проводить сводные расчеты параметров взрывных работ с любой частотой с минимальной предварительной подготовкой.

Анализ исследований и публикаций. Основная идея при этом заключается в том, что при разработке проектов основные характеристики взрывных работ заносятся в базы данных. Достаточно иметь программное обеспечение, позволяющее объединить полученные базы данных, провести анализ их корректности и выполнить сводный расчет параметров взрыва. В настоящее время разработана методология использования результатов сводных расчетов для определения вкладов отдельных процессов в показатели взрыва [2]. Для разработчиков программного обеспечения это означает необходимость решения двух задач. Первая - автоматическое определение допустимого вклада процесса в конечные показатели. Вторая - выдача рекомендаций после достижения установленных квот.

Совместный анализ различных факторов процессов отбойки возможен при использовании систем, построенных на базе ГИС-технологий, реализующих подход, при котором выделяется один связующий параметр - координаты на местности [3].

Почти все горные проблемы носят пространственный характер, а программы, направленные на их решение, требуют геоинформационного обеспечения. Использование информационной системы в сложных задачах уменьшает затраты в 4-8 раз по сравнению с тем, если бы эти задачи решались обычными способами.

В ГИС осуществляется комплексная обработка информации - от ее сбора до хранения, обновления и представления. Геоинформационные технологии предоставляют новые методы и средства обработки информации, обеспечивающие высокую наглядность отображения разнородной информации, мощность и удобство инструментария для анализа ситуаций, позволяют существенным образом повысить эффективность применяемых прикладных программ и сократить затраты ресурсов общества

В ГИС большую роль играют технологии создания электронных карт, представляющих собой динамическую визуализацию цифровых карт при помощи видеомониторов и соответствующего программного интерфейса. Визуализация пространственных данных в форме электронных карт выполняет роль интерфейса, обеспечивающего пользователю динамическое двустороннее взаимодействие с базой пространственных данных.

ГИС нового поколения отличается ориентацией на пользовательские модели данных с учетом предметной области и особенностей приложений. Их модели данных определяются классами объектов, наборами атрибутов, расширенными возможностями реализации запросов и операций над объектами по сравнению с предыдущим поколением.

Среди таких ГИС можно выделить: SICAD/open фирмы Siemens Nixdorf (Германия); Star фирмы Star Informatic (Бельгия); GRADIS GIS фирмы Straessle (Швейцария); Smallworld GIS фирмы Smallworld Systems Ltd (Великобритания); Spans GIS фирмы Tydac Technologies Inc. (Канада) [3].

Выбор конкретного инструментального средства зависит от специфики решаемой задачи, требований к вычислительным и материальным ресурсам. При выборе инструментария для создаваемой системы руководствуются требованиями:

- наличие методов анализа и обработки реляционных баз данных;
- поддержка распределенной обработки данных, методов доступа;
- возможность разработки пользовательских приложений и интерфейсов;
- возможность взаимодействия с другими приложениями;
- поддержка функции генерации графических объектов и др.

Выполнение данных требований невозможно при использовании настольных ГИС с ограниченными возможностями. Однако применение мощных полнофункциональных пакетов также нерационально в связи с их высокой стоимостью и требованиями к машинным ресурсам. Поэтому в качестве инструментального средства для разработки проекта целесообразно использование ГИС ArcView, занимающей промежуточное положение.

Программная реализация создаваемой системы включает две динамически подключаемые библиотеки: COMMPROC.DLL и EPMSPROC.DLL. COMMPROC.DLL является библиотекой универсальных, низкоуровневых процедур и функций. EPMSPROC.DLL является библиотекой вспомогательных процедур и функций, применяемых в рамках создаваемой компьютерной системы управления риском.

В разрабатываемой компьютерной системе предусмотрен механизм использования части исходной информации из баз данных оперативной документации, ведение которых

осуществляется в рамках существующих в настоящее время информационных систем автоматизации стандартных деловых процессов.

Поскольку нахождению оптимального решения соответствует полный перебор, а в случае реальной размерности задачи, из-за роста требуемого для указанного метода времени решения и объема памяти ЭВМ, целесообразным становится применение метода рандомизированного поиска, осуществляющего локальную оптимизацию.

Оценивают требуемые при заданной размерности задачи время решения и объем информации, необходимой для полного перебора.

Результаты расчетов выдаются пользователю для указания используемого метода оптимизации [4].

Зацикленность алгоритма соответствует повторяющемуся через установленные периоды процессу принятия проектной организацией оптимальных решений.

На каждом новом цикле осуществляется выработка наиболее рационального хода для управляющего центра в антагонистической игре двух участников - природоохранного органа, целью которого является предотвращение ошибок проекта, и пользователей, стремящихся снизить затраты на природоохранную деятельность.

Постановка, цели исследований и задания. Параметры БВР при разработке месторождений полезных ископаемых должны обеспечивать заданные результаты дробления горной массы и безопасность работ.

При обосновании параметров оптимальных руководствуются требованиями «Технических правил», «Единых правил безопасности при взрывных работах» и «Нормативного справочника по буровзрывным работам».

Расчетные параметры корректируются с учетом совокупного влияния природных и техногенных факторов.

Предлагаемая программа предназначена для проектирования карьеров открытой добычи полезных ископаемых с параметрами: годовая производственная мощность до 1,3 млн м³, коэффициент прочности пород по проф. Протодеяконову от 3-4 до 16-18, высота уступов 7-20 м и диаметр скважин 100-250 мм [5].

Для решения поставленной задачи наиболее приемлемым является полный перебор и метод рандомизированного поиска на частичных планах, а условием нахождения приемлемого решения служит эффективность управления, заключающаяся в определении плана, при котором значение целевой функции лучше функционала, соответствующего первому, случайно выбранному допустимому решению, моделирующему управляющие воздействия при существующем подходе (рис. 1).

Программа состоит из интерфейсной части, обеспечивающей диалог с Пользователем и расчетной, содержащей модули для определения параметров БВР.

Интерфейсная часть программы представляет набор диалогов с Пользователем, расположенных в определенном порядке с возможностью перехода от одного диалога к другому.

Она обеспечивает возможность ввода, удаления и редактирования требований к исходным параметрам и результирующим показателям в зависимости от условий ведения БВР, а также регламентирует состав и содержание разделов типовых проектов (рис. 2).

Программа выдает диапазоны изменения высоты уступов, расположения скважин, конструкции зарядов, схемы взрывной сети, интервалы замедлений, элементы развала взорванной породы, радиусы опасных зон.

Предусмотрена вариация типов ВВ и средств инициирования, схем замедления, методов дробления негабарита.

Программа обеспечивает расчеты безотказности выбранных схем взрывания и безопасности производства БВР [6,7].

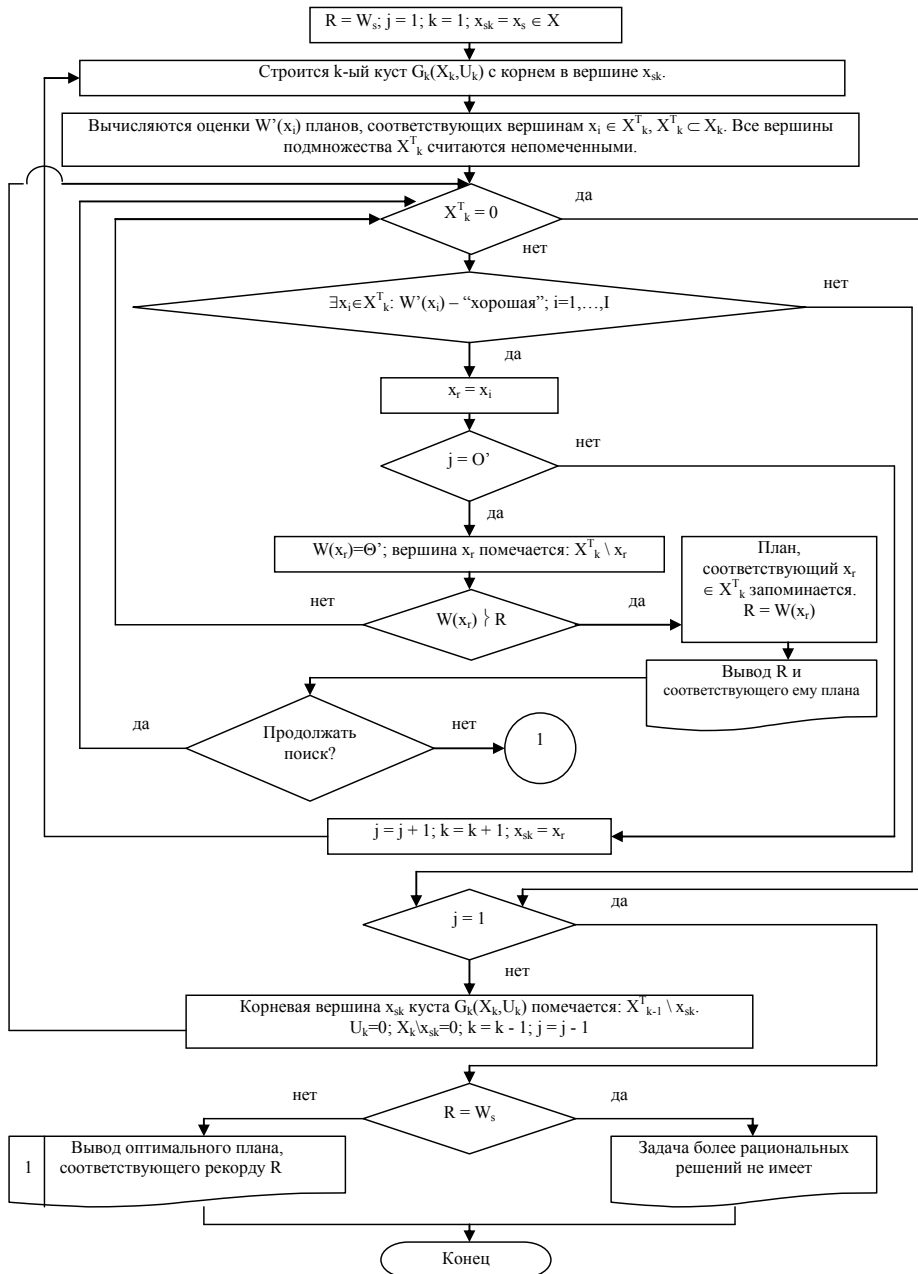


Рис. 1. Блок-схема алгоритма решения задачи снижения риска проектной ошибки перебором

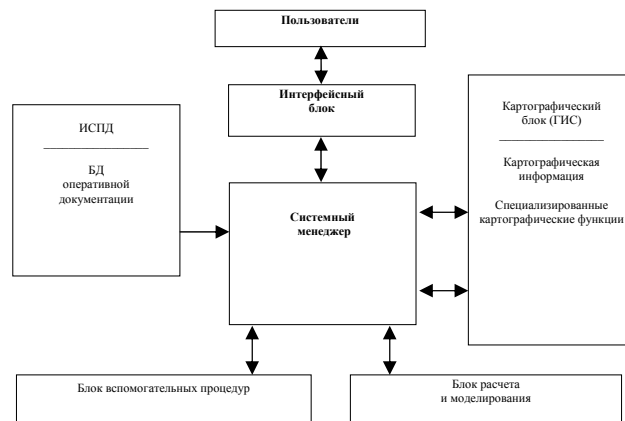


Рис. 2. Архитектура компьютерной системы управления риском проектной ошибки

В результате расчетов выдаются количество рядов и общее число скважин в типовых сериях, их число и объем горной массы. Программа позволяет вести графические построения расчетных схем.

Система, состоящая из информационного органа, пользователя и объект управления является централизованной, поскольку в качестве управляющего центра в ней выступает информационный орган, на который поступает управляющая информация. После переработки информации информационный орган вырабатывает управляющие воздействия на объект управления, переводя его в новое состояние, причем соотношение между воздействиями управляющего центра и состояниями объекта управления определяется переходной функцией рассматриваемой системы (рис. 3).

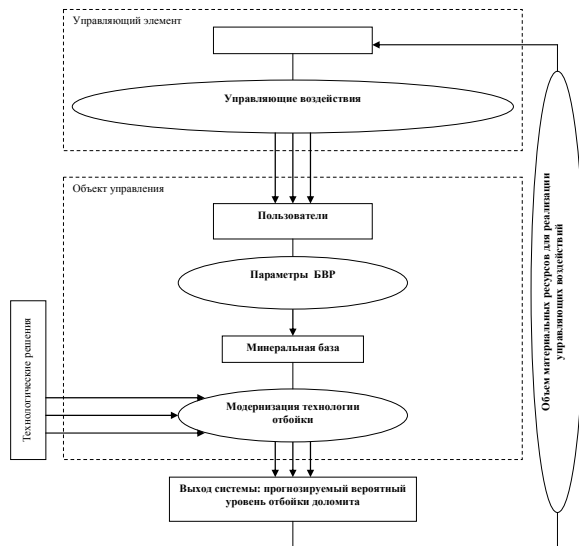


Рис. 3. Структурно-функциональная схема системы управления риском ошибки проектирования

Наиболее актуальной из них в условиях экономического кризиса является задача оптимального планирования и финансирования мероприятий, направленных на наиболее рациональное использование минеральных ресурсов.

Изложение материала и результаты. В качестве управляющих воздействий природоохранного органа на пользователей рассматривается использование новых параметров отбойки.

Внутренние состояния объекта управления при этом характеризуются прогнозируемыми вероятными объемами ошибок проекта, а выходом системы является прогнозируемый вероятный уровень эффективности

буровзрывных работ [8].

Разработка функции ошибки проектирования, являющейся выходной для рассматриваемой системы управления, возможна с помощью математического моделирования процесса буровзрывной отбойки.

Методика определения параметров зарядов и показателей буровзрывных работ включает в себя обоснования:

- массы и конструкции заряда, элементов расположения и типовых серий;
- способа дробления негабарита;
- обоснование схемы взрывной сети;
- безопасные режимы взрывных работ.

При использовании гранулированных, водосодержащих или порошкообразных взрывчатых веществ диаметр заряда равен диаметру скважины.

При использовании ВВ типа гранулитов, граммонитов, аммонитов плотность заряжения составляет $0,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Максимальные значения линии сопротивления по подошве не должны превышать величин, определяемых по предельным нагрузкам на заряды с учетом блочности пород (табл. 1).

Значения коэффициента блочности породного массива

Таблица 1

Характеристика трещиноватости	Коеф-фициент	Категория трещиноватости
Трудновзрываемые монолитные и крупно блочные вязкие породы с отдельностями, превышающими расстояние между зарядами	0,9	V
Породы, разбитые сомкнутыми или цементированными трещинами	0,95	IV
Породы трещиноватые, часть трещин - зияющие или заполнены мягкими образованиями	1,0	II-III
Сильно трещиноватые породы, разбитые зияющими или заполненными рыхлыми образованиями трещинами, кроме горизонтальных	1,1	II
То же при горизонтальном залегании и наличии прослоек по подошве, а также мелко-блочных полускальные породы	1,15	I

При использовании гранулированных, водосодержащих или порошкообразных ВВ диаметр заряда принимается равным диаметру скважины с учетом коэффициента разбухания (табл. 2).

Таблица 2

Значения коэффициентов разбухания

Группа пород по шкале СНИП	Коэффициент разбухания
IV-V	1,05
VI-VII	1,04
VIII-IX	1,03
X-XI	1,02

Для других типов ВВ величина заряда корректируется в соответствии с экспериментальными данными и характеристикой ВВ (табл. 3).

Таблица 3

Характеристика взрывчатых веществ

Взрывчатые вещества	Плотность заряжания, т/м ³	Коэффициент взрывной эффективности
Аммонит 6ЖВ порошкообразный	0,9	1,0
Аммонит 6ЖВ патронированный	1,0	1,0
Граммонит 30/70	0,9	1,0
Гранулотол	0,9	1,0
Гранипоры БП-1, БП-3	0,85	1,0
Дибазит	0,85	1,0
Аммонит скальный N1	1,2	1,25
Граммонит 79/21	0,9	1,0
Гранулит АС-4	0,9	1,0
Гранулит АС-8	0,9	1,05
Гранипор ФМ	0,85	1,0
Гранулит ПФ	0,85	0,8
Гранулит 1	0,85	
Водосодержащие ВВ, акватолы	1,35	1,2
Эмульсионные ВВ	1,15	1,05

Расчет расстояния между скважинами в ряду и между рядами скважин производится в зависимости от величины коэффициента сближения зарядов. В породах различной крепости величина коэффициента сближения зарядов составляет для пород различных групп 1,0-1,5.

При расчете массы заряда базовая величина принимается, исходя из максимальной величины коэффициента сближения зарядов в указанных диапазонах, и подлежит уточнению в зависимости от выполнения ограничений в отношении длины зарядов и их конструкции.

Если длина забойки больше величины линии сопротивления по подошве, применяют рассредоточенные заряды. При этом длина верхнего дополнительного заряда должна составлять не менее 0,2 линии сопротивления по подошве.

Длина инертного промежутка между нижней и верхней частями заряда составляет не менее 5 диаметров зарядов.

Промежуток подлежит заполнению забоечным материалом. Минимальная длина забойки в устье скважины в случае отбойки рассредоточенными зарядами может быть уменьшена до 0,8 линии сопротивления по подошве.

В "Программе" предусмотрено уточнение элементов расположения зарядов и массы зарядов, исходя из выполнения указанных ограничений, диапазона изменений коэффициентов сближения и минимальной длины забойки.

Число рядов скважин в серии должно быть не более 5-6. Количество скважин в каждом ряду и число рядов выбираются в зависимости от фактических условий производства БВР (ширина рабочей площадки, длина фронта блока, изменение высот уступов, наличие отбитой горной массы на карьере и др.).

В первом ряду обычно располагают не более 15-20 скважин.

Объем породы, взрываваемой в серии, рассчитывается, исходя из схемы организации работ на карьере и допустимого запаса взорванной горной массы. При производстве буровзрывных

работ на нескольких уступах Объем породы, взрываемой в серии, определяется для каждого уступа.

Расход ДШ, ЭД, электропровода определяется в зависимости от крепости пород, диаметра скважин, высоты уступов и конструкции зарядов.

Для дробления негабаритных кусков предусмотрено применение шпуровых или накладных зарядов (табл. 4). Расход бурения и средств взрывания определяется с учетом размера негабарита (табл. 5).

Таблица 4

Удельный расход ВВ при дроблении 1000 м³ негабаритных кусков

Заряды	Группа пород по СНиП							
	IV	V	VI	VII	VIII	X	X	XI
Шпуровые	140	180	230	280	330	380	440	480
Накладные	720	950	1200	1425	1700	1920	2150	2400

Таблица 5

Расход шпуров и электродетонаторов на 1000 м³ негабаритных кусков

Размер кондиционного куска, м	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
Удельный расход бурения, м	900	850	650	600	500	200	100	50
Удельный расход электродетонаторов, шт.	800	500	260	200	150	100	75	60

Взрывание скважинных зарядов предусматривается с помощью промежуточных детонаторов, формируемых из шашек Т-400Г, ТГ-500, ГТП-500, ТП-200 (400), ТГФ-850Э и других, допущенных средств инициирования. Масса промежуточных детонаторов из шашек должна составлять не менее 400 г. При отбойке сплошными зарядами боевик располагают в верхней части заряда. Глубина погружения боевика в заряд принимается не менее $\frac{1}{3}$ высоты заряда. При использовании рассредоточенных зарядов боевики располагают в каждой из отдельных частей зарядов. Глубина погружения боевиков в каждый заряд такая же, как и в случае применения сплошных зарядов [9].

Иницирование боевиков проводится с помощью детонирующего шнура ДШ (ДША, ДШВ, ДШЭ-6, ДШЭ-12) или неэлектрическими волноводными системами типа "Эдилин", "СИНВ" и их аналогами. При глубине скважин более 15 м сеть ДШ дублируется.

Иницирование ДШ должно проводиться только с применением допущенных средств инициирования.

Если суммарный расход ДШ на серию превышает 300 м, т.е. ДШ подлежит дублированию, а расход ДШ удваивается. При отбойке трудновзрываемых пород и высоте столба воды в скважинах более 3 м боевики дублируют, а расход ДШ удваивают.

Источник тока уточняется в зависимости от максимального числа электродетонаторов, используемых для обеспечения безотказного инициирования принятого в серии числа зарядов.

Схемы взрывных сетей, короткозамедленного взрывания и конструкции боевиков конкретизируются в соответствии с фактическими условиями ведения работ.

Минимально допустимая величина зоны, опасной по разлету кусков породы при взрывании скважинных зарядов рыхления при взрывании скважинных зарядов принимается не менее 200 м [10].

Безопасные расстояния по действию ударных воздушных волн в породах IX группы и выше увеличивают в 1,5 раза, а при взрывании пород V группы - уменьшают в 2 раза. Если взрывные работы осуществляются при отрицательной температуре воздуха, безопасные расчетные расстояния увеличиваются в 1,5 раза.

При интервалах замедления от 30 до 50 мс рассчитанные расстояния увеличиваются в 1,2 раза, от 20 до 30 мс - в 1,5 и от 10 до 20 мс - в 2 раза.

Контроль качества буровзрывных работ осуществляется систематически в процессе бурения, заряжания и забойки. Устанавливаются минимально возможные значения отклонений параметров, при превышении которых работа оценивается неудовлетворительно (табл. 6).

При соблюдении указанных отклонений фактических параметров от их проектных значений гарантируется исключение завывшений подошвы уступов, отсутствие порогов и соблюдение

расчетных значений радиусов опасных зон по различным воздействиям. Фактический выход негабарита после взрывов отличается от проектного не более чем на 10 %.

Таблица 6

Предельные отклонения контролируемых параметров

Операция	Параметры	Отклонение
Бурение скважин	Глубина перебура, м	2/5
	ЛНСПП, м	2/5
	Разбежка скважин, м	2/5
	Направление бурения, град	3/7
Заряжание скважин	Масса заряда, %	2/5
Забойка скважин	Длина, м	4/8

В составе разделах проекта приводятся сведения по месторасположению карьера, расстояния до охраняемых объектов, условиях разработки (система разработки, число уступов и их высота, размер кондиционного куска, выход негабарита, тип буровых станков, диаметр скважин, применяемые ВМ, погрузочное оборудование), годовому объему взрывных работ и объему добытой горной массы.

В проекте приводятся конструкция зарядов и боевиков, места их расположения, а также сводные таблицы расчетов параметров для средней высоты уступов и дополнительно встречающихся высот уступов. Результаты расчетов годового объема бурения, расхода ВМ, максимального числа серий взрывов, удельные расходы ВВ, СИ и бурения представлены в табличной форме [11].

Проектом обосновывается способ взрывания зарядов, указывается источник тока, тип электродетонаторов, (средств неэлектрического инициирования), тип проводов и ДШ, приводится схема взрывной сети, описывается схема монтажа взрывной сети, обеспечивающие безотказное инициирование зарядов.

В проекте массового взрыва приводится распорядок взрывных работ, расчеты стоимости БВР и потребности в рабочей силе, материалах, механизмах в соответствии с выбранными параметрами отбойки, требованиями технического задания и типовой схемой организации работ приводятся в сметах или калькуляциях и в состав типового проекта производства БВР не включаются.

При приемке, контроле и оценке качества буровзрывных работ определяется перечень параметров, контролируемых в процессе подготовки взрывов скважинных зарядов. В табличной форме приводятся допустимые отклонения параметров от их проектных значений в процессе бурения, заряжания и забойки скважин. Рассматривается порядок браковки выполненных работ и осуществления контроля за их выполнением.

Содержание разделов проекта уточняется в зависимости от условий производства буровзрывных работ (отбойка в стесненных условиях, применение комбинированных зарядов, внутрискважинных замедлений и новых типов ВМ, механизированное заряжание и забойка и т.п.) [12].

К проекту прилагаются: техническое задание на производство БВР; основные положения проекта; принципиальные схемы взрывной сети. Конструкции зарядов; ситуационный план в масштабе 1:1000 или 1:2000 с нанесением мест взрывных работ, опасной зоны, постов оцепления, предупредительных надписей, сирены, шлагбаумов.

Оформление ситуационного плана производится с учетом фактической обстановки на карьере, требований контролирующих органов и параметров отбойки, приведенных в проекте.

Разработанная с помощью ЭВМ программа для составления проектов производства буровзрывных работ на карьерах открытой добычи полезных ископаемых при годовом эффективна при объеме добычи до 1,3 млн м³, высоте уступов 7-20 м и диаметре скважин 100-250 мм, локализованных в породах различной крепости, трещиноватости и обводненности [13].

Программа повышает точность и надежность расчетов, благодаря учету в программе совокупного влияния природных и технических факторов на результаты взрывов и безопасность работ. Интерфейсная и расчетная части программы включают все необходимые для разработки проектов справочные материалы и описание современной техники и технологии буровзрывных работ на карьерах открытой добычи.

В программную реализацию компьютерной системы управления проектирования взрывных работ включены математические модели рассматриваемого процесса и его оптимизации.

Инструментальным средством создаваемой системы является ГИС ArcView, характеризующаяся наличием широких возможностей при работе с базами данных, реализующая передовые идеи в технологии управления географической информацией и являющаяся одной из наиболее приемлемых систем с экономической точки зрения.

Для разработки вспомогательных процедур используется среда визуального программирования Delphi 5 - одно из наиболее мощных и современных универсальных средств программирования, совместимых с большинством существующих в настоящее время компьютерных платформ.

Программа реализована на практике Боснийского месторождения доломитов (Россия, Республика Северная Осетия-Алания) [14]. Месторождение является одним из крупнейших в мире. Количество балансовых запасов составляет 238 млн т, что достаточно для существования карьера с годовой производственной мощностью 700 тыс. т сроком до 350 лет.

Нижняя часть Центрального участка месторождения между высотными отметками 980 и 1090 м разрабатывается тремя уступами высотой последовательно снизу вверх 45, 50 и 15 м. Углы откосов уступов равны 70° .

Полезное ископаемое отбивали камерными зарядами ВВ. В основании уступов на горизонтах 980, 1025 и 1075 м проходили штольни в юго-западном направлении сечением $1,6 \times 2,0$ м на глубину от 40 до 50 м. Расстояние между штольнями по простиранию колеблется в пределах 40-50 м. По откосу нижнего уступа доломит скатывалась вниз (рис. 4).

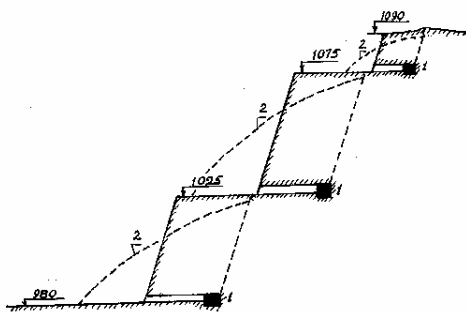


Рис. 4. Схема разработки нижней части месторождения: 1 – камерные заряды ВВ; 2 – примерные формы развалов после взрывных работ на уступах

Выводы и направление дальнейших исследований. Управление параметрами взрыва на Боснийском карьере позволяет снизить массу заряда ВВ на 17 % при отбойке руды блоками $50 \times 50 \times 50$ м. Показатели взрывных работ при доставке руды взрывом по сравнению с базовой технологией минной отбойки снижаются на 10 %, что обеспечивает солидный годовой эффект.

Исследованием системных связей и закономерностей в процессе управления уровнем загрязнения атмосферы установлены и математически сформулированы принципы взаимодействия проектного органа, пользователей и объекта эксплуатации, проведен анализ и синтез системы управления риском ошибки проекта БВР, разработана модель исследуемой системы, целью управления в которой является предотвращение возможного превышения допустимой ошибки, а критерием достижения - повышение эффективности отбойки полезного ископаемого. В качестве управляющих воздействий рассматривается модернизация технологии отбойки полезного ископаемого. В процессе синтеза системы управления разработаны переходная и выходная функции системы, задающие закон достижения цели управления [15].

Программная реализация компьютерной системы управления риском ошибки проектирования буровзрывных работ включает математические модели рассматриваемых процессов и направлена на решение задач:

- выработка оптимальной стратегии, заключающейся в определении наиболее эффективного, с точки зрения снижения риска технологии в условиях ограниченных материальных ресурсов;
- информационная поддержка принятия решений, включающая направления.

При разработке программного обеспечения соблюдают требования:

- система должна быть построена так, чтобы ее одновременно могли использовать как рядовые пользователи, так и администратор, имеющий возможность ее модификации с целью адаптации системы к изменяющейся нормативной базе;

- поскольку большинство производимых в процессе принятия решений расчетов связаны с анализом и обработкой разнородной информации с географической привязкой, необходимо применение современных технологий, реализованных на базе геоинформационных систем [5];

- использование инструментальных средств для реализации функций создаваемой системы с целью повышения их быстродействия за счет более полного использования ресурсов ЭВМ вызывает необходимость использования механизмов вызова модулей;

- поскольку исходная статистическая и справочная информация разнородна и имеет

различные форматы, необходимы механизмы осуществления взаимного преобразование форматов данных для межпрограммного обмена информацией. Эффективность применения разработанной системы управления подтверждена результатами машинного эксперимента, показавшим среднее снижение показателя риска ошиб-ки проекта на 3-7 %.

При производстве буровзрывных работ в карьере необходимо учитывать категорию трещиноватости и коэффициент крепости в кварцитах определенного петрографического состава и структурного залегания, а также пространственное положение структурно-однородных зон.

В связи, с чем рекомендуется в отдельных случаях по возможности ориентировать взрывные блоки длинной стороной параллельно простиранию структуры. Сетку буровзрывных скважин следует располагать в блоке так, чтобы концентрация напряжений от взрыва одновременно взрывааемых групп зарядов приходилась на приосевые крупноблочные зоны. Иницирование скважинных зарядов их порядок следует обеспечивать с учётом концентрации упругих волн напряжений на наиболее трудно-взрывааемых участках массива, где требуется наибольшая концентрация напряжений.

Для повышения эффективности и экологической безопасности взрывных работ целесообразно применять взрывчатые вещества с малым содержанием тротила, а также эмульсионные и гелеобразные взрывчатые вещества и утилизируемые изделия военного назначения в сочетании с мощными иницирующими зарядами. Целесообразно ориентироваться на скважинные заряды с осевыми полостями.

Расчет и выбор рациональных параметров БВР должен осуществляться с учетом комплексного влияния природных и техногенных факторов, с использованием современных программ, методик и ЭВМ. Внедрение новейших современных технологий взрывного разрушения, базирующиеся на концепциях баз данных, имитационного моделирования, экспертных и геоинформационных систем-ГИС, при добыче и переработке руд, позволит снизить техногенные нагрузки горнодобывающих предприятий на окружающую среду и улучшить геоэкологическое состояние сельского хозяйства горнопромышленных региона.

Список литературы

1. Лукьянов В.Г., Комащенко В.И., Шмурыгин В.А. Взрывные работы / В.Г. Лукьянов, В.И. Комащенко, В.А. Шмурыгин // Учебн. изд. -2-е. Из-во Томского политехнического университета, 2013. - 403 с.
2. Komashchenko V.I., Golik V.I., Belin V.A., Gaponenko A.L. Enhanced efficiency of blasting by new methods of borehole charge initiation in open-pit mines. m.giab, 2014. - № 9. - P. 293-304.
3. Morkun V., Tron V. Automation of iron ore raw materials beneficiation with the operational recognition of its varieties in process streams, Metallurgical and Mining Industry, No6, 2014, pp. 4-7: http://www.metaljournal.com.ua/assets/MMI_2014_6/1-MorkunTron.pdf
4. Komashchenko V.I., Erokhin I.V. Iron ore explosive blasting technology improvement, which reduces soil and environment pollution. Technische University Bergakademie Freiberg, Germany Publisher: Medienzentrum der TU Bergakademie Freiberg Printed in Germany ISSN: 2190-555X. 2014. C. 185 -193.
5. Komashchenko V.I., Gaponenko A.L., Belin V.A., Petin A.N. Way of explosive otboyka of rocks on pits. Patent for the invention, RUS 2382327 15.10.2008.
6. Голік В.І. Концептуальні підходи к созданию мало- и безотходного горнорудного производства на основе комбинирования физико-технических и физико-химических геотехнологий // Горный журнал. М. 2013, №5. С. 93-97.
7. Голік В. І., Полухін О. Н., Петін А. Н., Комащенко В. І. Екологічні проблеми розробки рудних месторождений КМА // Горный журнал. М., 2013, №4. С. 91-98.
8. Белін В.А. Уровень промислової безпеки при веденні взривних робіт на горних підприємствах Росії. М: ГІАБ, № 6., 2011. - С.29-35.
9. Golik V.I., Komashchenko V.I. Nature protection technologies of management of a condition of the massif on a geomechanical basis. М.:KDU, 2010. - 520 p.
10. Golik, V.I., Komashchenko V.I., Drebenstedt C. Improving breaking technologies of rock mass in the development of upland quarries. IX International Conference "New Ideas in Earth Sciences", Moscow. MSGPA, 2009.
11. Golik V. I, Komashchenko V. I.: Theoretische Grundlagen der Methodenoptimierung der Prognose von Staubemissionen des Tagebaues. Management bergbaubedingter Emissionen. Freiburger Forschungsforum 59.Berg- und Huttenmannischer Tag. 2008.
12. Golik V.I., Komashchenko V.I., Rasorenov Y.I. Activation of Technogenic Resources in Disintegrators. DC 10.1007/978-3-319-02678-7_107, Springer International Publishing Switzerland, 2013.
13. Morkun V., Morkun N., Pikilnyak A. (2015). The study of volume ultrasonic waves propagation in the gas-containing iron ore pulp, Ultrasonics, № 56C, pp.340-343.
14. Golik V. I, Komashchenko V. I., Drebenstedt C.: Protection of the environment (The manual). The Higher school. М., 2007. - 270 with.
15. Golik V.I, Komashchenko V.I., Drebenstedt K. Effect of geological exploration and mining on the environment. Monograph. М.: KDU. 2010. p. -356.

Рукопис постуила в редакцію 09.04.15