

2), що свідчить про ефективність використання такого методу управління електроспоживанням дробарних фабрик [6].

У системі ІСУЕ дробарних фабрик використано елементну базу SCADA - систем та сенсо-ри вимірювання потужності, напруги та струму [11,12].

Висновки та напрямки подальших досліджень. Розроблена архітектура інтелектуальної системи прийняття рішень для диспетчерського управління енергоспоживанням дробарної фабрики. Визначені ознаки проблемних ситуацій, побудовані моделі БД, БЗ, правила - продукції та множина управлінських рішень, щодо оцінки стану енергосистеми, обладнання дробарної фабрики, питомих витрат електроенергії та параметрів ефективного виробничого циклу технологічних процесів в періоди обмежень потужності енергосистеми.

Наведено приклади проектування експертних моделей для постановки задач прийняття рішень, і задач людино-машинного спілкування. Така технологія дозволяє моделювати в межах системи ІСУЕ - АСУТП весь спектр технологічних ситуацій, які виникають в процесі управління енергоспоживанням ДФ і процесами дроблення та здрібнення в різні періоди доби енергонавантаження системи.

Список літератури

1. **Хорольський В.П.** Багаторівнева інтелектуальна система оптимізації електроспоживання гірничо-збагачувальних підприємств / **В.П.Хорольський, Д.В. Хорольський, К.Г.Тігоренко** // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки, 2015 - №2. - С.192-198.
2. Енергетична стратегія України на період до 2030 року/ Розпорядження Кабінету Міністрів України від 15.03.2006 №145 – р.
3. **Авилов - Карнаухов Б.Н.** Экономия электроэнергии на рудо-обогатительных фабриках / **Б.Н. Авилов - Карнаухов.** – М.: Недра, 1987. – 159 с.
4. Автоматизация проектирования систем электроснабжения / **В. Н. Винославский, В. И. Тарадай, У. Бутц, Д. Хайнуе.** - К.: Виша шк. Главное изд-во, 1988. - 208 с.
5. Електрифікація гірничого виробництва: Підручник у 2-х томах За редакцією **Л.О. Пучкова, Г.Г. Півняка.** - Дніпропетровськ, 2010.
6. Электрификация фабрик агломерации и окомкования руд черных металлов: Справочное пособие **В.П. Апенко, С.А. Волотковский, М.И. Скляров, В.М. Торгаев.** - М.: «Недра», 1976. - 151с.
7. Енергозбереження - пріоритетний напрямок державної політики України / **Ковалко М.П, Денесюк С.П.;** Відпов. ред. **Шидловський А.К.** – Київ УЕЗ, 1998 - 506 с.
8. **Праховник А.В.** Энергосберегающие режимы электроснабжения горнодобывающих предприятий / **В.П.Розен, В.В. Дегтярев** - М.: Недра, 1985. - 232 с.
9. **Хорольський В.П.** Автоматизована система управління електроспоживанням збагачувальної фабрики підприємства гірничо-металургійного комплексу/ **В.П. Хорольський, Д.В. Хорольський, К.Г. Тігоренко** // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2015-№5. - С. 86-92.
10. The balanced scorecard. Translating Strategy into Action/ **Robert S. Kaplan, David P. Norton.** Harvard Business School Press., 2003, 282 pp.
11. PIC16F87* 28/40pin 8-bit CMOS flash Microcontrollers. Data Sheet DC 30292C. - Microchip Technology Inc., 2002 - 184 p.
12. PIC18FXX2. High performance, enhanced flash Microcontrollers with 10-bit A/D. Data Sheet DS 30564A. - Microchip Technology Inc., 2003 – 299 p.

Рукопис подано до редакції 07.04.16

УДК [622.831: 622.272/.273.1]: 622.341.1

В. В. ЦАРИКОВСКИЙ, д-р техн. наук, **Т.Т. СЕДУНОВА**,
Вал. **В. ЦАРИКОВСКИЙ**, канд.техн. наук, НИГРИ ГВУЗ «КНУ»

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ И ПОРЯДКОВ ОТРАБОТКИ ЗАПАСОВ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ КОЛЕБАНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ОТБОЙКЕ МАГНЕТИТОВЫХ КВАРЦИТОВ ШАХТЫ им. ОРДЖОНИКИДЗЕ ПАО «ЦГОК»

Приведены результаты исследований влияния порядков отработки запасов магнетитовых кварцитов и объемов взрывааемых взрывчатых веществ в одном замедлении на интенсивность колебаний земной поверхности, прилегающей к шахтному полю.

Указанные исследования обусловлены спецификой условий отработки магнетитовых кварцитов заключающейся, с одной стороны, в том, что на земной поверхности, прилегающей к шахтному полю, расположены многоэтажные

жилые здания и промышленные сооружения, а, с другой стороны, учитывая высокую прочность магнетитовых кварцитов отработка их с применением крупномасштабной технологии требует проведение массовых взрывов с общей массой взрываемых веществ от 30 до 170 т. В связи с огромными массами взрываемых взрывчатых веществ колебания земной поверхности достигают 6-7 баллов, что отрицательно отражается на состоянии жилых зданий и промышленных сооружений.

Проведенные исследования позволили установить взаимосвязь между уменьшением массы одновременно взрываемого заряда и порядков отработки запасов, определяющих наличие обрушенных пород у отбиваемого массива, с интенсивностью сейсмических колебаний земной поверхности. Указанные взаимосвязи позволяют еще на этапе проектирования очистной выемки прогнозировать интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности при ведении взрывных работ.

Данные исследования проведены при массовых взрывах с интервалом замедлений между отдельными сериями взрывов не менее 75 мс и эпицентральных расстояниях до контролируемых объектов от 360 до 1200 м.

Ключевые слова: параметры системы, порядок отработки, жилое здание, промышленное здание, взрывчатое вещество, замедление, сейсмическое колебание, земная поверхность, прогноз, проект

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Отработка магнетитовых кварцитов шахты им. Орджоникидзе производится вертикальными и горизонтальными концентрированными зарядами, веерами и пучками глубоких скважин. При этом общий объем взрывчатых веществ (ВВ), взрывааемых при массовом взрыве колеблется от 30 до 170 т, а масса одновременно взрываемого взрывчатого вещества на одно замедление составляет от 1-5 до 30 т.

Общий объем взрываемых ВВ зависит от системы разработки и параметров ее конструктивных элементов. При этажных системах разработки общий объем взрываемых ВВ колеблется от 40-50 до 180 т. При подэтажных системах разработки он колеблется от 20 до 50 т. При отработке запасов очистных и компенсационных камер общий объем взрываемых ВВ колеблется от 2-5 до 20-25 т.

Объем взрывчатых веществ взрывааемых в одном замедлении зависит от способа отбойки запасов. При отбойке запасов с помощью глубоких скважин объем взрываемых ВВ в одном замедлении колеблется от 1-2 до 15 т, а при отбойке концентрированными зарядами достигает 15-30 т.

На поверхности, прилегающей к шахтному полю расположены жилые дома и промышленные здания и сооружения. При ведении взрывных работ интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности достигает 6-7 баллов, что бывает значительно выше допустимых для указанных зданий и сооружений.

Таким образом, проблема отработки магнетитовых кварцитов шахты им. Орджоникидзе в настоящее время заключается в том, что параметры конструктивных элементов систем разработки должны обеспечивать допустимые, с точки зрения сохранности поверхностных зданий и сооружений, объемы одновременно взрываемых ВВ. Порядки отработки запасов в шахтном поле должны обеспечивать создание условий для максимального снижения энергии взрыва, используемой на инициирование сейсмических колебаний горного массива.

Анализ исследований и публикаций. Волновая картина при производстве крупных массовых взрывов в шахтах носит сложный характер. Причиной этого является совокупность горнотехнических условий на пути распространения сейсмозрывных волн и особенности самого взрыва как источника упругих волн. В реальных условиях на массовый взрыв, как источника сильного сейсмического возмущения косвенно влияет целый ряд факторов, таких как масса заряда взрывчатых веществ, конструкция заряда, условия заложения заряда, свойства взрывааемых пород, наличие компенсационного пространства, схема отбойки и др.

Вопросами исследования интенсивности сейсмозрывных колебаний, генерируемых подземными взрывами и оценкой их влияния на горный массив и окружающую среду занимались такие известные ученые как Кудинов В.В. [1], Миндели Э.О. [2], Бойко В.В. [3], Кузьменко А.А. [4], Капленко Ю.П. [5], Оника С.Г. [6], Запорожец В.Ю. [7], Ефремов Э.И. [8], Воротельяк Г.А. [9], Вольфсон П.М. [10].

Постановка задачи. Для эффективной отработки магнетитовых кварцитов шахты им. Орджоникидзе при одновременном сохранении поверхностных зданий и сооружений необходимы способы прогноза интенсивности сейсмических колебаний земной поверхности в процессе отбойки запасов выемочных единиц еще на этапе составления проектов на их отработку.

Изложение материалов и результаты. Для прогнозирования интенсивности колебаний земной поверхности в процессе проведенных исследований установлена зависимость интенсивности колебаний земной поверхности от количества ВВ взрывааемых в одном замедлении и

условий производства взрыва, т.е. от состояния окружающей среды, отбиваемый рудный массив. Последнее зависит от порядков отработки запасов в шахтном поле.

Инструментальные измерения сейсмической интенсивности выполняли со стороны висячего бока на эпицентральной дистанции 360-500 м, а со стороны лежащего бока - на эпицентральной дистанции 1000-1200 м от места проведения взрыва. Измерения проводились в соответствии с ГОСТ 8.010.-99 «Методика выполнения измерений». При проведении сейсмометрических наблюдений были использованы сейсмоприемники СМ-3. Для записи и сохранения изменений амплитудно-частотного спектра сейсмозрывных колебаний использовали цифровой осциллограф Tektronik TPS-2014.

Вопросы сейсмического воздействия взрывных работ на окружающий массив весьма сложны, так как они взаимосвязаны с эффективностью отбойки рудного массива. Чем выше степень использования энергии взрыва на разрушение отбиваемого рудного массива, тем ниже его сейсмическое воздействие на окружающий горный массив. И наоборот, чем меньше степень использования энергии взрыва на разрушение отбиваемого рудного массива, тем больше степень его использования на сотрясение окружающего рудного массива.

Известно, что степень использования энергии взрыва зависит от условий производства взрыва, т.е. от среды, окружающей рудный массив или точнее от плотности окружающей среды. Если плотность окружающей среды меньше плотности взрываемого массива детонационная волна, дойдя до среды с меньшей плотностью, возвращается во взрываемый массив, т.е. практически энергия взрыва дважды используется для разрушения отбиваемого массива.

Исходя из изложенного авторы, расширив перечень рекомендуемых П.М.Вольфсоном групп, характеризующих условия проведения взрывов, разделили указанные условия на следующие группы:

- отбойка рудного массива, граничащего со всех сторон с нетронутым массивом;
- отбойка рудного массива на одну обнаженную поверхность;
- отбойка рудного массива на две обнаженные поверхности;
- отбойка рудного массива на одну обнаженную поверхность и обрушенные породы;
- отбойка рудного массива, отрезанного от лежащего и висячего боков, а также граничащего одной из сторон с обрушенными породами;
- отбойка рудного массива, граничащего со всех сторон с обрушенными породами.

Указанные группы условий проведения взрывов формируются при различных порядках отработки запасов как вкрест, так и по простиранию рудных тел.

Таким образом, для определения влияния порядков отработки запасов на интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности при проведении массовых взрывов определялись условия их производства, т.е. состояние окружающих массивов (массив, обрушенные породы).

Результаты расчетов, произведенных при проведении данных исследований, позволили сделать следующие выводы:

при отбойке рудного массива на одну обнаженную плоскость использование энергии взрыва составляет 49-57 %;

при отбойке рудного массива на две обнаженные плоскости использование энергии взрыва достигает 99 %;

при отбойке рудного массива на одну обнаженную плоскость и обрушенные породы использование энергии взрыва составляет порядка 94 %.

Таким образом, согласно расчетам при отбойке рудного массива на одну обнаженную поверхность около 43-51% энергии взрыва расходуется на инициирование сейсмических колебаний горного массива. При отбойке запасов на одну обнаженную поверхность и зажатую среду на инициирование сейсмических колебаний в горном массиве используется всего около 6% энергии взрыва.

При отбойке запасов, окруженных обрушенными породами, на инициирование сейсмических колебаний расходуется также порядка 6 % энергии взрыва.

На основании анализа экспериментальных исследований установлено, что при отбойке магнетитовых кварцитов на открытое очистное пространство:

при уменьшении массы одновременно взрываемого заряда в одно замедление на 25 % скорость смещения горного массива снижается на 10-12 %;

при уменьшении массы одновременно взрываемого заряда в два раза скорость смещения горного массива снижается на 22-29 %;

при уменьшении массы одновременно взрываемого заряда в четыре раза скорость смещения горного массива снижается на 41-51 %.

Исходя из изложенного следует, что если при отбойке магнетитовых кварцитов на одну обнаженную поверхность зарядами с массой ВВ в одном замедлении 20 т интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности составляет 6-7 баллов, то:

при взрывании заряда ВВ массой 15 т интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности составит 5-6 баллов (1,5-6,0 см/сек);

при взрывании заряда ВВ массой 10 т интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности составит 4-5 баллов (0,8-3,0 см/сек);

при взрывании заряда ВВ массой 5 т интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности составит 2-3 балла (0,2-0,8 см/с);

при взрывании заряда ВВ массой 5 т несколькими сериями замедлений интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности составит 1-2 балла (0,2-0,3 см/с).

Как показали экспериментальные данные исследований, интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности зависит не только от объема одновременно взрываемого ВВ, но и от граничных условий расположения отбиваемого массива. Например, при массовых взрывах с массой ВВ на одно замедление 15 т интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности составит:

при отбойке массива, граничащего со всех сторон с нетронутым массивом, от 5 до 6 баллов;

при отбойке массива, отрезанного от всячего и лежащего боков открытыми очистными пространствами, от 4 до 5 баллов;

при отбойке массива, отрезанного от всячего и лежащего боков обрушенными породами мощностью 30-40 м и более, от 3 до 4 баллов;

при отбойке массива, отрезанного от лежащего и всячего боков, а также граничащего одной из сторон вкрест простирания с обрушенными породами, от 2 до 3 баллов;

при отбойке массива, граничащего со всех сторон с обрушенными породами, от 1 до 2 баллов.

В плане вышеизложенного интерес представляет массовый взрыв, произведенный 17 ноября 2012 г. по отбойке запасов продольного целика в осях (+14)-(+2) и междукамерного целика +16 оси в подэтаже 527-482 м. Отбойка указанных запасов производилась с помощью семи вертикальных концентрированных зарядов (ВКЗ). Масса взрывчатых веществ в каждом из них составляла 14,9 т. Интервал замедлений между сериями взрывов колебался от 250 до 2000 мс.

Специфика массово взрыва заключается в следующем:

выработанное пространство в всячем боку отбиваемых запасов заполнено обрушенными породами мощностью от 50 до 60 м;

от лежащего бока отбиваемый массив в маркшейдерских осях (+17)-(+22) отрезан очистной камерой длиной вкрест простирания 60 м;

с юга отбиваемый массив контактирует с обрушенными породами шириной по простиранию 35 м;

севернее +22 оси отбиваемый массив граничит с нетронутым массивом.

Учитывая, что данный массовый взрыв по общему весу взрывчатых веществ (176 т) значительно превышал ранее проведенные взрывы на шахте им. Орджоникидзе сотрудниками НИГ-РИ ГВУЗ «КНУ» совместно с инженерно-техническими работниками шахты в качестве эксперимента по снижению интенсивности колебаний земной поверхности от взрывных работ был предложен порядок отбойки запасов, предусматривающий создание различных условий проведения взрывов в отдельных сериях замедлений.

В результате проведения анализа волновой карты (циклограммы) массового взрыва установлено, что:

при отбойке рудного массива на одну обнаженную поверхность зарегистрирована интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности соответствующая 5,0 баллам;

при отбойке рудного массива, граничащего с юга и севера с обрушенными породами зарегистрирована интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности соответствующая 3,5-4,0 баллам;

при отбойке рудного массива, граничащего с трех сторон с обрушенными породами зарегистрирована интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности соответствующая 2,5-3,0 баллам;

при отбойке рудного массива, граничащего со всех сторон с обрушенными породами сейсмических колебаний не зарегистрировано.

При традиционном последовательном взрывании вертикальных концентрированных зарядов с массой взрывчатых веществ в каждом из них от 13 до 15 т интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности составляла 5...6 баллов и выше.

Указанные результаты исследований получены при величине замедления между отдельными сериями взрывов не менее 75 м/с. Вышеприведенные результаты исследований позволяют прогнозировать интенсивность колебаний земной поверхности уже на этапе составления рабочих проектов на очистную выемку.

Выводы и направления дальнейших исследований. Результаты исследований позволяют определять геометрические параметры систем разработки как из условий обеспечения устойчивости их конструктивных элементов, так и из условия обеспечения допустимой интенсивности сейсмических колебаний земной поверхности. Реализация результатов исследований при проведении массовых взрывов на шахте им. Орджоникидзе подтвердила высокую достоверность прогнозируемой интенсивности сейсмических колебаний земной поверхности в процессе проведения взрывных работ. Для массовой реализации результатов исследований необходимо разработать методику определения параметров систем разработки с учетом допустимых объемов одновременно взрывааемых взрывчатых веществ.

Список литературы

1. Сейсмический эффект подземных взрывов на руднике им. Дзержинского / [В.В.Кудинов, В.М.Ткаченко, В.А.Гаврик и др.] // Горнорудное производство (подземная добыча руд): - НИГРИ. – Кривой Рог. – 1975. – С. 114-118.
2. Миндели Э.О. Методы и средства взрывной отбойки / Э.О. Миндели, В.А.Салганик, Г.А.Воротеляк. – М.: Недра, 1977. – С.120-125.
3. Бойко В.В. Действие взрыва в грунтовых и горных породах / В.В.Бойко. – К.: Наукова думка, 1982. – С. 164-166.
4. Кузьменко А.А. Сейсмическое действие взрыва в горных породах / А.А.Кузьменко, В.Д.Воробьев. – М.: Недра, 1990. – С.98-102.
5. Капленко Ю.П. Закономерности распространения волн в среде, находящейся под воздействием неоднородного поля статических напряжений / Ю.П.Капленко, В.А.Колосов // Разработка рудных месторождений / - Кривой Рог: КТУ. – 1997. Вып.61. – С.5-54.
6. Оника С.Г. Определение расстояния и масс зарядов, безопасных по действию ударных воздушных волн в сложных условиях/ С.Г. Оника, В.А.Гаврик, А.В.Курман // Проблемы горно-добывающей промышленности и металлургического комплекса Украины: Сб.науч.трудов НИГРИ. – Кривой Рог. – 1977. – С.87-92.
7. Запорожец В.Ю. Сейсмическое воздействие подземных массовых взрывов на поверхностные сооружения / В.Ю.Запорожец, С.А.Козырев // Горный журнал. – 1999. - №9. – С.63-66.
8. Ефремов Э.И. Способы повышения полезного действия взрыва / Э.И.Ефремов, В.П.Мартыненко // Бюл. УСИВ. – 2002. - №2. – С.6-10.
9. Воротеляк Г.А. Сейсмическое районирование жилых массивов, прилегающих к карьерам / Г.А.Воротеляк, В.А.Гаврик // Достижения и перспективы научно-технического прогресса в горнодобывающей промышленности: – Сб.науч.трудов ГНИГРИ. – Кривой Рог. – 2002. – С.97-103.
10. Вольфсон П.М. Торцовый выпуск руды / Издательский центр ГВУЗ «КНУ». – Кривой Рог, 2015. – 127 с.

Рукопись поступила в редакцию 13.04.16

УДК 528.021

О.С. КУЛКОВСЬКА, д-р техн. наук, проф., Ю.Ю. АТАМАНЕНКО, аспірантка,
О.С. НАМІНАТ, асистент, Криворізький національний університет

СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗЙОМКИ МІСЦЕВОСТІ БЕЗПЛОТНОЮ МОДЕЛЛЮ

В статті розглянуто спосіб визначення лінійних елементів зйомки місцевості під час фіксування дорожньо-транспортної пригоди за допомогою квадрокоптера, в результаті чого було отримано планові аерофотознімки із кутом відхилення оптичної осі від прямовисного положення, який не перевищує 3°. Описано детальний порядок роботи на місці скоєння аварії, що включає в себе налаштування моделі, огляд місцевості, взліт квадрокоптера над місцем ДТП, обліт заданої території, відео і фотозйомку, посадку моделі. Висота польоту квадрокоптера контролюється за