

13. Юдович Б. Э., Зубехин С. А. Пенобетон: новое в основах технологии // Техника и технология силикатов. 2007. Т. 1. С. 14–24.
14. Swamy R.N., Sakai M., Nakamura N. (2006) Role of Superplasticizers and Slag for Producing High Performance Concrete. The Fourth CANMET/ACI International Conf. on Superplasticizers and Other Chemical Admixtures in Concrete: ACI SP-148-1, Proceedings. Detroit (USA), - Pp. 1-26.
15. Kocaba V., Gallucci E., Scrivener K.L. (2012) Methods for determination of degree of reaction of slag in blended cement pastes. Cement and concrete research. Elsevier Science Publishing Company, Inc. Vol. 42. Pp. 511-525.
16. Шишкин А.А. Щелочные реакционные порошковые бетоны // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 2 (17). С. 56-65.
17. An innovation method in producing high early strength PFA concrete / Poon C.S., Kou S.C., Lam L., Lin Z.S. (1999) Creating with Concrete: International Conference. 1999: Proceedings. Dundee (Scotland). Pp. 131-138.
18. Sao J., Chung D.D.L. (2004) Use fly ash as an admixture for electromagnetic interference shielding // Cement and Concrete Research. Vol. 34. Issue 10. Pp. 1889-1892.
19. Effect of temperature on the hydration of portland cement blended with siliceous fly ash / Deschner F., Lothenbach B., Winnefeld F., Neubauer J. (2013) Cement and Concrete Research. Elsevier Science Publishing Company, Inc. Vol. 52. Pp. 169-181.
20. Годэн А.М. Флотация. М.: Госнаучлит по горному делу, 1959. - 653 с.
21. Ребиндер П.А. Избранные труды. Поверхностные явления в дисперсных системах. Коллоидная химия. М.: «Наука», 1978. – 369. с.

Рукопись поступила в редакцию 21.03.17

УДК 622.274.5:622.341

В.В. ЦАРИКОВСКИЙ, д-р техн. наук, зав. отделом, Вал.В. ЦАРИКОВСКИЙ, канд.техн.наук, ст. научный сотрудник, В.Я. КОЗАРИЗ, канд.техн.наук, зав. отделом, Т.Т. СЕДУНОВА, зав. лабораторией, А.Ф. МИГУЛЬ, Д.А.РУБЦОВ, инженеры, НИГРИ ГВУЗ «КНУ»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ ЭТАЖНОГО ОБРУШЕНИЯ С УЧЕТОМ ДОПУСТИМЫХ ОБЪЕМОВ ВЗРЫВАЕМЫХ ВВ ПРИ ОТРАБОТКЕ МАГНЕТИТОВЫХ КВАРЦИТОВ ШАХТЫ ИМЕНИ ОРДЖОНИКИДЗЕ ПАО «ЦГОК»

Цель. Целью данной работы является разработка методики определения геометрических параметров системы этажного обрушения с учетом допустимых объемов взрывааемых взрывчатых веществ (ВВ). Обусловлено это спецификой условий отработки магнетитовых кварцитов шахты им. Орджоникидзе, заключающейся в проведении массовых взрывов взрывчатых веществ (ВВ) общей массой от 30 до 170 т при расположении вблизи шахтного поля многоэтажных жилых домов и промышленных сооружений. В связи с огромными массами взрывааемых взрывчатых веществ колебания земной поверхности достигают 6...7 баллов, что отрицательно влияет на состояние жилых домов и промышленных сооружений.

Методы исследования. Причиной указанного является наличие множества методик определения геометрических параметров систем разработки из условий их устойчивости и отсутствие исследований зависимости интенсивности сейсмических колебаний земной поверхности от объемов одновременно взрывааемых взрывчатых веществ при различных граничных условиях расположения отбиваемого массива. при проведении данной работы применялись методы инструментальных наблюдений за сейсмическим воздействием взрывных работ на земную поверхность.

Научная новизна. Научная новизна данной статьи заключается в установлении на основании инструментальных измерений сейсмической интенсивности колебаний земной поверхности при проведении массовых взрывов в различных горнотехнических условиях отработки магнетитовых кварцитов шахты им.Орджоникидзе взаимосвязей между условиями производства взрывов, объемом взрывааемых взрывчатых веществ в одном замедлении и интенсивностью колебаний земной поверхности и изучении влияния на интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности количества обнаженных плоскостей, на которые отбивается рудный массив, наличие и ориентация обрушенных пород у отбиваемого массива, также установлена возможность использования порядков отбойки запасов для управления интенсивностью сейсмических колебаний земной поверхности.

Практическая значимость. По результатам проведенных исследований разработана методика, предусматривающая определение геометрических параметров конструктивных элементов системы этажного обрушения как из условий их устойчивости, так и с учетом допустимых объемов одновременно взрывааемых взрывчатых веществ.

Результаты. Разработанная методика позволяет выбирать схемы и порядки отбойки запасов, обеспечивающие устойчивость конструктивных элементов систем разработки и сохранность поверхностных сооружений.

Ключевые слова: взрывчатые вещества, сейсмическое колебание, земная поверхность, здание и сооружение.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Спецификой особенности отработки магнетитовых кварцитов шахты им. Орджоникидзе является значительный объем

взрываемых при массовых взрывах ВВ и наличие в непосредственной близости от шахтного поля промышленных и жилых зданий и сооружений. Общий объем взрываемых при массовых взрывах ВВ колеблется от 30 до 180 т. При этом объем взрываемых ВВ в одном замедлении в зависимости от способов отбойки колеблется от 1-5 до 30 т. Минимальные расстояния расположения жилых домов, промышленных зданий и сооружений от эпицентров взрывов находятся на расстоянии от 300-400 до 1000-1200 м. Вследствие изложенного при ведении взрывных работ интенсивность колебаний земной поверхности достигает 6-7 баллов, что иногда значительно превышает допустимые нормы для вышеуказанных зданий и сооружений.

В связи с этим авторами, применительно к горно-геологическим и горнотехническим условиям отработки магнетитовых кварцитов шахты им. Орджоникидзе, разработана методика определения геометрических параметров системы этажного обрушения, позволяющая определять параметры конструктивных элементов указанной системы как из условий их устойчивости, так и из условий обеспечения допустимой интенсивности сейсмических колебаний земной поверхности.

Анализ исследований и публикаций. Одной из основных задач геомеханики является определение допустимых размеров обнажений и целиков. Многофакторная зависимость указанных параметров обусловила многообразие методов определения геометрических параметров систем. Многочисленные исследования, проведенные С.Г.Авершиным [1], С.Г.Борисенко [2], В.П.Волощенко [3], В.С.Гириным [4], Б.Е.Грецингером [5], Г.М.Малаховым [6], И.Д.Ривкиным [7], Н.И.Ступником [8], Г.Т.Фаустовым [9], О.Е.Хоменко [10], позволили разработать методики определения геометрических параметров различных систем разработки. Указанные методики позволяют учитывать влияние на вышеуказанные параметры систем разработки весьма широкого спектра влияющих факторов - морфологии, степени отработанности и порядков отработки залежей, специфики сдвижения налегающих пород, физико-механических свойств руд и пород, глубины отработки, формы и интенсивности отработки очистных камер и т.д. Однако, до настоящего времени геометрические параметры систем разработки определялись из условий устойчивости их конструктивных элементов. При этом не учитывалось влияние объемов отбиваемых запасов в конструктивных элементах систем разработки на сохранность поверхностных зданий и сооружений.

Постановка задачи. Для эффективной отработки магнетитовых кварцитов шахты им. Орджоникидзе системами этажного обрушения при одновременном обеспечении сохранности поверхностных зданий и сооружений необходимо разработать методику определения параметров конструктивных элементов вышеуказанной системы разработки с учетом как устойчивости их, так и допустимых, с точки зрения интенсивности сейсмических колебаний земной поверхности, объемов одновременно взрываемых ВВ.

Изложение материала исследований и полученные результаты. С целью разработки методики определения допустимых размеров конструктивных элементов системы этажного обрушения с учетом как их устойчивости, так и допустимых объемов одновременно взрываемых ВВ при их обрушении авторами были проведены исследования, позволившие установить взаимосвязь между объемом одновременно взрываемых ВВ и интенсивностью колебаний земной поверхности при различных горнотехнических условиях отработки запасов выемочных единиц.

В результате указанных исследований было установлено, что при отбойке запасов на одну обнаженную поверхность:

при взрывании зарядов ВВ массой 20 т интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности составляет 6-7 баллов;

при взрывании зарядов ВВ массой 15 т интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности составляет 5-6 баллов;

при взрывании зарядов ВВ массой 10 т интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности составляет 4-5 баллов;

при взрывании зарядов ВВ массой 5 т интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности составляет 2-3 балла;

при взрывании зарядов ВВ массой 1...2 т интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности составляет 1-2 балла.

В результате исследований было установлено также, что 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 взрываемого в одно замедление 15 т, интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности составляет:

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, граничащего со стороны всячего и лежащего боков обрушенными породами мощностью 30-40 м и более, от 3 до 4 баллов;

при отбойке массива, отрезанного от всячего и лежащего боков, а также одной из сторон вкрест простирания открытыми очистными пространствами, от 2 до 3 баллов;

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

Указанные результаты исследований получены при замедлении между отдельными сериями взрывов не менее 75 мсек.

Так как суммарный объем взрываемых ВВ при проведении массовых взрывов зависит от возможного количества замедлений авторами произведена оценка возможного количества замедлений при различных способах инициирования ВВ. Установлено, что при использовании электродетонаторов типа ЭД-КЗ, ЭД-ЗД при интервале замедлений 75 мсек может быть реализовано в условиях ш. им. Орджоникидзе до 12 серий замедлений. При применении неэлектрической системы инициирования может быть использовано до 20 серий замедлений.

Результаты указанных исследований позволили разработать методику определения параметров конструктивных элементов системы этажного обрушения с учетом допустимых объемов одновременно взрываемых ВВ. При этом следует иметь в виду, что:

отбойка запасов при системах этажного обрушения производится в два этапа. На первом этапе отбиваются запасы компенсационной камеры, а на втором - обрушаются основные запасы блока (потолочин и целиков);

размер компенсационных камер по простиранию на практике равен расстоянию между откаточными ортами, т.е. 30-35 м;

высота компенсационных камер при высоте этажа 80 м колеблется в интервале 50-60 м.

Суть вышеуказанной методики заключается в следующем.

В начале определяются параметры системы этажного обрушения с учетом допустимых объемов одновременно взрываемых ВВ:

1. Определяется допустимое суммарное количество ВВ на отбойку основных запасов блока

$$Q_c = K_3 \cdot Q_3, \quad (1)$$

где Q_c – суммарный допустимый объем ВВ, необходимый для обрушения основной части запасов блока, кг; K_3 – количество замедлений; Q_3 – допустимый вес заряда ВВ на одно замедление, кг.

Допустимый вес заряда взрывчатых веществ на одно замедление определяется с учетом условий проведения взрывов, которые разделены 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 всячего бока, а также граничащего одной из сторон с обрушенными породами;

отбойка рудного массива, граничащего со всех сторон с обрушенными породами.

2. Запас основной части блока определяется из выражения

$$Q_o = Q_c / q, \quad (2)$$

где Q_o – запасы магнетитовых кварцитов основной части блока, т; q – удельный расход ВВ на первичную отбойку, кг/т.

3. Запас компенсационной камеры составляет

$$Q_k = q_k \cdot Q_k / (1 - q_k), \quad (3)$$

где Q_k – запасы магнетитовых кварцитов компенсационной камеры, т; $q_k = 0,20 \dots 0,40$ – удельный вес объема компенсационной камеры в общем объеме блока, доли единицы.

4. Объем компенсационной камеры определяется из выражения

$$V_k = Q_k / \gamma, \quad (4)$$

где γ – плотность (объемный вес) магнетитовых кварцитов, т/м³.

5. Площадь компенсационной камеры определяется из выражения

$$S_k = V_k / h_k, \quad (5)$$

где $h_k = 50-60$ – высота компенсационной камеры, м.

6. По известной площади компенсационной камеры, приняв размер ее по простиранию равным, как указывалось раньше, 30...35 м, или исходя из других технологических соображений, размер компенсационной камеры вкрест простирания определяется по номограмме рис.6.23 работы [11].

После определения допустимых объемов взрывчатых веществ для отбойки основных запасов блока и геометрических параметров компенсационной камеры производится расчет геометрических параметров системы из условий их устойчивости в соответствии с требованиями работы [11] с учетом результатов определений согласно пунктов 1-6.

Если запасы целиков (основные запасы блоков), определенные из условий устойчивости конструктивных элементов, меньше основных запасов, определенных с учетом объемов одновременно взрывааемых ВВ, то они могут быть увеличены до уровня последних. Но в этом случае объемы компенсационных камер не должны превышать их величин, определенных из выражения (4).

Эффективность определения геометрических параметров этажного обрушения с учетом допустимых объемов взрывааемых взрывчатых веществ на снижение интенсивности сейсмических колебаний земной поверхности, подтверждена экспериментальными массовыми взрывами при отбойке запасов магнетитовых кварцитов в семи блоках в этаже 527-447 м. В качестве примера приведен опыт проведения массового взрыва по разрушению междукамерного целика (-7) оси 22 декабря 2012 г., объем запасов которого определен по предложенной методике.

Специфика данного массового взрыва заключалась в том, что севернее, южнее и в висячем боку запасы указанного междукамерного целика граничили с толщиной обрушенных пород мощностью от 35 до 90 м. Только со стороны лежачего бока они граничил с массивом пород лежачего бока.

С целью снижения сейсмического воздействия данного массового взрыва на земную поверхность сотрудниками НИГРИ ГВУЗ «КНУ» совместно с инженерно-техническими работниками шахты было предложено отбойку запасов целика (-7) оси начать с отрезки его запаса от массива горных пород лежачего бока. Исходя из этого были определены допустимые объемы зарядов взрывчатых веществ на одно замедление в размере от 9-12 т при отрезке запасов целика от массива пород лежачего бока до 13-15 т при отбойке оставшихся запасов. Суммарный допустимый объем взрывчатых веществ, необходимый для обрушения запасов целика (-7) оси согласно зависимости (1) был определен в 120,9 т.

Инструментальными измерениями сейсмической интенсивности колебаний земной поверхности на эпицентральной дистанции в висячем боку 360-500 м, а в лежачем боку – 1000...1200 м от места проведения взрыва была зарегистрирована интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности в 3 балла при традиционных 5-6 баллах и выше.

Выводы и направления дальнейших исследований. Таким образом, комплексное использование установленных взаимосвязей между массой заряда взрывчатых веществ взрывааемых в одном замедлении, условиями отбойки запасов и интенсивностью колебаний земной поверхности совместно с действующими в Кривбассе нормативными материалами по определению геометрических параметров обнажений и целиков позволила авторам разработать методику определения геометрических параметров системы этажного обрушения с учетом как их устойчивости, так и допустимой интенсивности сейсмических колебаний земной поверхности при отработке запасов. Как показал опыт шахты им. Орджоникидзе реализация результатов исследований, представленных в данной работе позволяет эффективно обрабатывать магнетитовые кварциты при сохранении поверхностных зданий и сооружений, расположенных вблизи шахтного поля, за счет снижения интенсивности сейсмических колебаний земной поверхности.

Список літератури

1. Авершин С.Г. Расчет междукамерных целиков с учетом фактора времени / С.Г.Авершин, В.Я.Степанов // Проблемы механики горных пород. – Новосибирск: «Наука», 1971. – С.16-24.
2. Борисенко С.Г. Расчет на прочность элементов блоков при разработке рудных месторождений / С.Г.Борисенко, Е.И.Камский. – К.: «Техника», 1970. – 79 с.
3. Баранов А.О. Расчет параметров технологических процессов в подземной добыче руд / А.О.Баранов – М.: «Недра», 1985. – 224 с.
4. Гирич В.С. Учет устойчивости обнажений целика при оценке его прочности / Гирич В.С., Кучер В.М., Разкевич Ф.С. // Разработка рудных месторождений. – 1980. – Вып. 30. – С.51-55.
5. Именитов В.Р. Процессы подземных горных работ при разработке рудных месторождений / В.Р.Именитов – М.: «Недра», 1984. – 504 с.
6. Малахов Г.М. Влияние фактора времени отработки камер и глубины горных работ на устойчивость потолочин и всячего бока / Г.М.Малахов, А.И. Арсентьев, Г.Т.Фаустов // Горный журнал. – 1964. – №4 – С.27-31.
7. Куликов В.В. Совместная и повторная разработка рудных месторождений / В.В.Куликов – М.: «Недра», 1972. – 328 с.
8. Ступник Н.И. Оптимизация параметров камер и целиков при поэтажно-камерной выемке / Н.И.Ступник // Известия ВУЗов: Горный журнал. – 1985. – №9. – С.24-28.
9. Фаустов Г.Т. К вопросу о расчете целиков в упругопластичном состоянии / Г.Т.Фаустов, П.А.Абашин // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1974. - №3. – С.27-36.
10. Хоменко О.Е. Усовершенствование технологии добычи железных руд из охранных целиков / О.Е.Хоменко. – Днепропетровск: НГУ, 2007. – 99 с.
11. Визначення та контроль допустимих розмірів конструктивних елементів систем розробки залізних руд. Інструкція по застосуванню /Є.Бабець, В.Сакович, С.Сиротюк, В.Цариковський. – Київ: Мінпромполітики України, 2010, – 122 с.

Рукопись поступила в редакцию 15.03.17

УДК 622.647.2

А.І. СТЕЦЕНКО, магістрант, Л.І. ЄФІМЕНКО, канд. техн. наук, доц.
І.О. ДОЦЕНКО, ст. викладач, Криворізький національний університет

НЕОБХІДНІСТЬ СТВОРЕННЯ КОМПЛЕКСНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ КОНВЕЄРНОЇ ЛІНІЇ

Мета. Метою цієї роботи є створення комплексної системи автоматизації та контролю конвеєрної лінії для її безперебійної, надійної та економічної роботи, крім того система стане більш захищеною від серйозних пошкоджень та довгих простоїв, що в свою чергу відобразиться на грошових затратах, що несе підприємство для утримання системи. Тому, розробка комплексної системи автоматизації та керування й аналізу режимів роботи автоматизованої конвеєрної лінії є важливим і актуальним завданням для розвитку гірничодобувної промисловості.

Методи дослідження. Для вирішення цього завдання використовуються методи технічної діагностики основних вузлів та агрегатів конвеєрної лінії, що характеризують її технічний стан, також використовуються загальні методи теорії систем автоматичного управління, а також метод пасивного експерименту.

Наукова новизна. Наукова новизна полягає у створенні комплексної системи автоматизації конвеєрної лінії, яка на відміну від існуючих, включає в себе підсистему контролю та керування роботою лінії, підсистему технічного діагностування, підсистему прогнозування та аналізу стану обладнання системи, підсистему архівування даних, які можуть бути використані для розрахунків в інших відділах підприємства та підсистему пожежної сигналізації.

Практична значимість. Створення комплексної системи автоматизації дасть повноцінний контроль та максимально розширений спектр параметрів конвеєрної лінії, що характеризують її роботу, які зібрані в одному місці. При впровадженні комплексної системи автоматизації конвеєрної лінії можна досягнути значного економічного ефекту за рахунок зменшення простоїв лінії, збереження обладнання від значних пошкоджень та швидкості реагування на виникнення аварійних ситуацій.

Результати. Сформували принципи взаємодії основних підсистем об'єкту для збирання та архівування даних, які в подальшому можуть бути використані для аналізу та прогнозування системи або для розрахунків в інших відділах системи. Під час проведення аналізу роботи конвеєрних ліній було перелічено основні типи витрат, які пов'язані з роботою об'єкту. Визначили основні діагностичні типи сигналів, які несуть інформацію про технічний стан основних вузлів та агрегатів.

Ключові слова: конвеєрна лінія, комплексна система управління, діагностування технічного стану, архівація поточних даних.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Відомо, що стрічкові конвеєри є найбільш поширеним типом транспортуючих машин безперервної дії у всіх галузях промисловості. Із усіх конвеєрних установок, що експлуатуються в нашій країні, 90% складають стрічкові конвеєри. Вони використовуються в гірничодобувній промисловості – для транс-