

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ НАТУРНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ГОРНОЙ МАССЫ С ПОМОЩЬЮ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ЗАМЕРОВ

Изложена методика проведения натуральных исследований с помощью инструментальных замеров. Приведены результирующие гистограмма распределения гранулометрического состава и интегральная кривая распределения отдельностей. Сделаны выводы по полученным результатам натуральных исследований.

Викладено методику проведення натурних досліджень за допомогою інструментальних замірів. Наведено результируючі гістограма розподілу гранулометричного складу і інтегральна крива розподілу окреможостей. Зроблено висновки за отриманими результатами натурних досліджень.

Method of field research using instrumental measurements is presented. The resulting distribution histogram of particle size and cumulative fraction distribution curve are shown. The findings of field studies are given.

Введение. Наиболее распространенными в мире энергоносителями являются нефть, газ, уголь и уран. Украина в достаточной мере обеспечена только углем и ураном, причем запасы последнего, пригодные к извлечению составляют 2 % от мировых, что выводит страну в первую двадцатку среди мировых обладателей таких руд. На территории Украины известно несколько генетических типов урановых месторождений, где 76 % представляют альбититовый тип, 11 % относятся к пегматитовым месторождениям, 7 % – к песчаникам, и остальные 6 % представляют конгломератный, битуминозный и другие типы. Промышленное значение в настоящий момент имеют только месторождения альбититового типа (натрий-урановые) и месторождения песчаникового типа (водородные). Промышленные месторождения урана метасоматического типа сосредоточены в пределах Кировоградской металлогенической области, которая является составной частью Украинского кристаллического щита и обрабатывается соответствующими предприятиями. При этом разведанные запасы урана на территории Украины можно разрабатывать только подземным способом. Низкое содержание урана в рудах и высокая энергоемкость производства формирует цены на отечественное сырье как одно из самых дорогих в мире и позволяет обеспечить топливом украинские АЭС лишь на 34 – 37 %.

Актуальность. Добычу урановых руд в Украине осуществляет государственное предприятие «Восточный горно-обогатительный комбинат» (ГП «ВостГОК») посредством применения на шахтах камерных систем разработки и отбойки руды с поэтажного штрека с закладкой и использованием на проходческих и очистных работах буровзрывного способа. Одним из путей снижения затрат является оптимизация параметров разрушения массива, где основным технологическим процессом, влияющим на себестоимость добычи руды, являются буровзрывные работы (БВР). Понижение уровня ведения очистных работ приводит к изменению влияния напряженно-деформированного состоя-

ния (НДС) массива на очистные работы, и, как следствие, изменению полученного гранулометрического состава горной массы при прочих равных условиях. Это способствует поиску более рациональных параметров БВР. В таком случае становится вопрос исследования изменения НДС массива в процессе отработки запасов камеры в реальных условиях.

Объектом исследования является методика натурального изучения гранулометрического состава получаемой горной массы после разрушения в камере с помощью инструментальных замеров для крепких пород с неявным разделением между рудами и породами.

Предметом исследования является изменение гранулометрического состава горной массы после разрушения в очистной камере с использованием компенсационного пространства как косвенного индикатора изменения НДС массива.

Метод исследования. Для выполнения исследования используется статистический метод, который включает: сбор производственной информации на отбойку и вторичное дробление руды в камере; сбор информации о гранулометрическом составе на различных этапах отработки очистных камер; определение функций программного обеспечения, способного выполнить обработку данных; фотофиксацию горной массы (получение исходного изображения) на откаточном горизонте; обработку результатов фотофиксации и формирование графиков; корректировку полученных данных с учетом того, что часть руды могла подвергнуться вторичному дроблению на штреке вторичного дробления.

Научное значение состоит в установлении области камеры, где присутствует изменения в гранулометрическом составе выпускаемой горной массы от размеров очистного пространства.

Изложение результатов. Как известно, вычисление напряженно-деформированного состояния массива горных пород в натуральных условиях осуществляется различными методами, которые основываются на измерении давлений приборами, установленными на объекте, и определении расчетным путем напряжений по этим значениям; определении ряда физических характеристик массива пород геофизическими методами с последующим расчетом напряжений по всевозможным зависимостям и т.д. [1, 2]. К их числу относятся: метод разгрузки, при котором определяется абсолютное значение напряжений в массиве горных пород; метод разности давления где (специальным гидравлическим баллоном, размещенном в скважине, формируется давление, которое принимается за начальное и исходя из которого учитываются отклонения); метод упругих включений (с помощью специального клея и фотоупругих датчиков исследуется нужная область); метод буровых скважин (осуществляется измерение продольной и поперечной деформации пробуренных скважин с помощью деформометров); акустический метод (используются свойства горных пород генерировать упругие звуковые импульсы микроразрушений при изменении НДС массива горных пород); электрометрический метод (измеряется электропроводность в зависимости удельного электрического сопротивления от действующих в них напряжений); ультразвуковой метод (измеряется скорость упругих

волн в массиве от действующих в нем напряжений) и иные. Эффективность методов зависит от алгоритмов, техники и конкретных геотехнологических условий разработки месторождений полезных ископаемых. Опираясь на сравнительный анализ натуральных методов исследований, был выбран наиболее приемлемый для конкретных промышленных условий метод инструментальных измерений.

Процесс получения руды нужной кусковатости состоит из следующих этапов: взрывные работы, транспортирование, дробление и измельчение. На каждом из них одной из важнейших задач является повышение эффективности операций, которого можно достичь за счет оперативного контроля основного технологического показателя руды – гранулометрического состава [2]. Контроль можно осуществить посредством телекоммуникационных систем мониторинга с определением гранулометрического состава по оптическому изображению поверхности руды. Мониторинг может быть реализован с применением разного рода видеозаписывающих устройств и системы анализа полученных медиа-материалов. Элементы системы должны быть связаны любой доступной сетью [1, 2], чтобы в режиме реального времени доступно было анализировать гранулометрический состав руды на входе/выходе технологической операции. Это поможет оперативно изменять режимы работы технологического оборудования с целью обеспечения требуемых показателей производства. Но мы не пытаемся создать универсальный инструмент мониторинга и корректировки процессов, а связать изменение получаемых кусков руды с НДС массива. Поэтому сформируем методику соответствующих измерений в такие этапы:

- сбор данных на отбойку и вторичное дробление руды в исследуемой камере;
- сбор информации гранулометрического состава на различных этапах отработки очистных камер;
- поиск подходящего программного обеспечения (ПО) для требуемых условий;
- получение исходного материала с учетом этапа отработки камеры;
- обработку результатов фото- и видеофиксации;
- корректировку данных с учетом работ на штреке вторичного дробления.

Анализ гранулометрического состава взорванной и выпущенной горной массы можно выполнить с помощью любого профильного программного обеспечения способного фиксировать и анализировать получаемую горную массу (в работе это сделано на примере ПО «WipFrag»). Помимо подходящего ПО важным критерием выборки исходного материала является то, что каждая серия снимков должна соответствовать определенному массовому взрыву и при это анализироваться соответственно.

Ниже представлен порядок выполнения промышленных исследований, анализируемых системой «WipFrag» (пробной версией).

Промышленные исследования начинаются с анализа фотографического изображения отбитой и выпущенной руды вибропитателями из камеры в вагонетку рис. 1.

Далее фиксируется поверхность горной массы в каждом вагоне и только после этого можно приступить к обработке данных.

а) общий вид места съемки



б) фото горной массы в вагонетке



Рис. 1. Выпуск руды из камеры на откаточном горизонте

В результате получаем гранулометрический состав, который соответствует каждому массовому взрыву. По снимкам видно, насколько выпускаемая горная масса неоднородна на протяжении всего времени отработки камеры. Что бы далее анализировать горную массу обратимся к WipFrag, где основное рабочее окно программы для обработки полученных фотографических данных выглядит следующим образом (рис. 2).

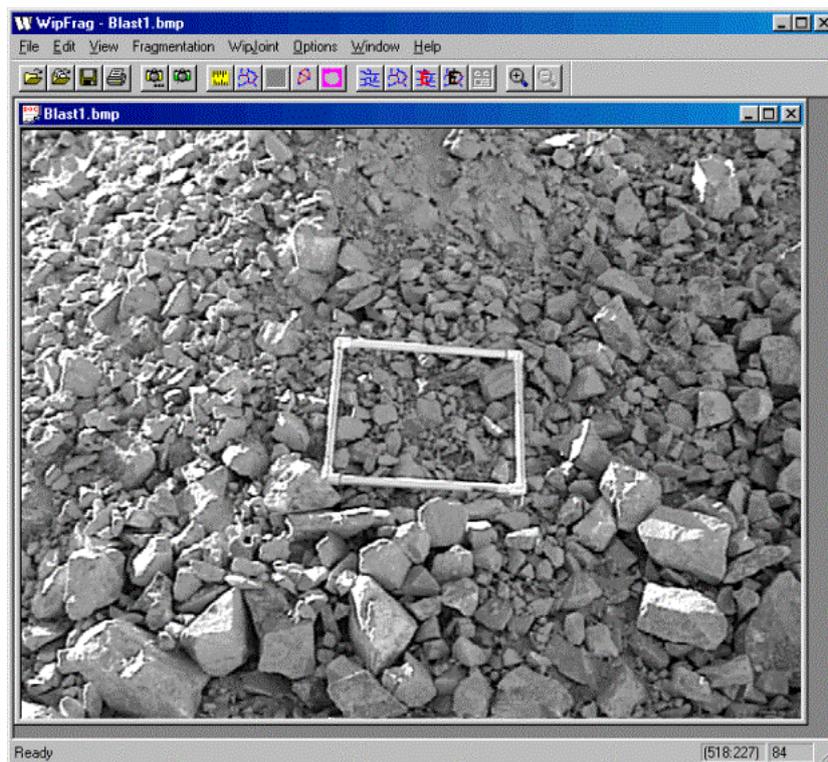


Рис. 2. Основное рабочее окно «WipFrag» для обработки полученных данных

Затем с помощью доступных программных инструментов (не обязательно WipFrag) анализируем отдельные (куски) горной массы. Что позволяет преобразовать снимок в «сеть фрагментов (отдельностей)» и приступить к следующему этапу обработки этих промежуточных результатов (рис. 3).



Рис. 3. Пример преобразовать снимка горной массы в «сети фрагментов (отдельностей)»

Далее отдельные измеряются любым доступным способом и формируется гистограмма распределения гранулометрического состава взорванной горной массы и интегральная кривая распределения кусков во всей анализируемой горной массе. Эти диаграммы является основной целью проведения промышленных исследований. Полученные графики отражают изменения фракционного состава выпущенной руды и процентное их соотношение между собой (рис. 4, 5).

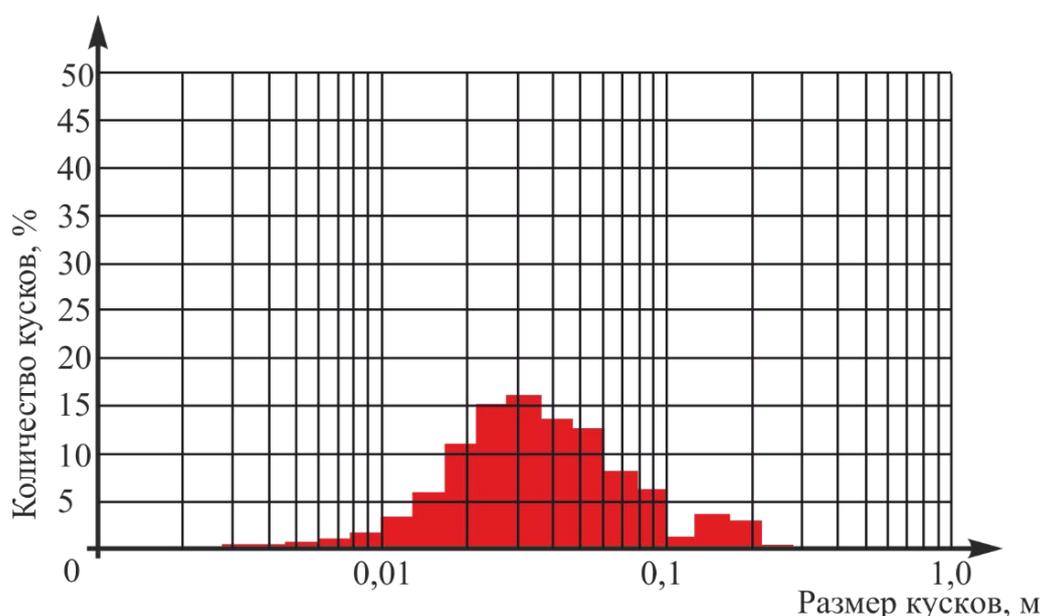


Рис. 4. Гистограмма распределения гранулометрического состава горной массы

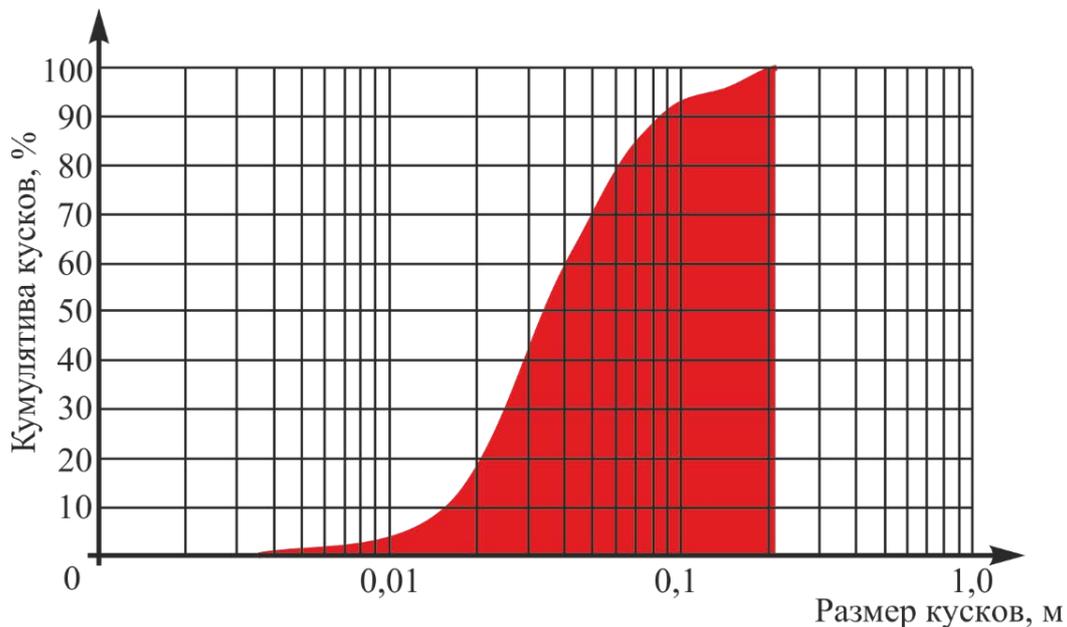


Рис. 5. Интегральная кривая распределения отдельностей в горной массе

В свою очередь гистограмма дает доступную характеристику удельного веса кусков в отбитой горной массе, а интегральная кривая (кумулятивная кривая) отражает процент каждого фрагмента. При этом и интегральная кривая, и гистограмма гранулометрического состава отражают одну и ту же картину с разных аспектов.

Для более точного изменения гранулометрического состава необходимо учитывать работы по измельчению на штреке вторичного дробления (если таковое есть). Данные по увеличению и уменьшению расходов на вторичное дробление эмпирическим образом сопоставляются с полученной горной массой и переводятся в приемлемые для анализа графики.

Данные об изменении гранулометрического состава горной массы должны присутствовать на предприятии, необходимо вести их учет. Это позволит качественно корректировать работу.

Выводы. Получив гистограмму распределения гранулометрического состава и интегральную кривую распределения отдельностей, можно сказать, что проведение натурных исследований с помощью метода инструментальных замеров для выявления достоверной картины изменения НДС массива нельзя, хотя он и позволяет предположить, что изменение гранулометрического состава горной массы может частично отражать изменения напряженного состояния массива. При проведении иных методов исследования состояния массива можно подтвердить или опровергнуть это. Сами же результаты исследований влияния размеров очистного пространства на дробление показали, что размеры кусков комплексно уменьшаются при достижении размера камеры 75 % от проектных размеров и сохраняют до окончания отработки запасов камеры. Достоверность полученных результатов можно подтвердить или опровергнуть только в случае проведения соответствующих лабораторных и теоретических исследо-

ваний. Но уже сейчас можно сказать, что полученные результаты коррелируются с результатами теоретического моделирования [3, 4]

Список литературы

1. Ардашев К.А. Методы и приборы для исследования проявлений горного давления: справочник / К.А. Ардашев, В.И. Ахматов, Г.А. Катков. – М.: Недра, 1981. – 128 с.
2. Мальцев Д.В. Обоснование параметров буровзрывных работ при разрушении массива ураносодержащих руд: дис. ... к-та техн. наук: 05.15.02: – Д., 2013. – 177 с. защищена 26.04.2013; утв. 04.07.2013 / Д.В. Мальцев – Днепропетровск: ГВУЗ НГУ, 2002. – 177 с.
3. Мальцев Д.В. Ресурсосберегающая технология буровзрывных работ для условий Ватутинского урановорудного месторождения [текст]: моногр. / Мальцев Д.В., Хоменко О.Е. – Днепропетровск: Державний ВНЗ «НГУ», 2013. – 121 с.
4. Хоменко О.Е. Технология подземной добычи урановых руд буровзрывным способом / О.Е. Хоменко, Д.В. Мальцев // Науковий вісник НГУ. – 2007. – №. 1. – С. 13 – 16.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Ковалевською І.А.
Надійшла до редакції 17.11.2014*

УДК 622.411.5:539.215

© В.И. Самуся, В.Е. Кириченко, Н.М. Трипутень

РАЗРАБОТКА ЭСКИЗНОГО ПРОЕКТА КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОРСКОЙ ДОБЫЧИ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД

Статья посвящена разработке машиностроительного комплекса для добычи и транспортирования полиметаллических руд с больших глубин Мирового океана, который состоит из донного добычного модуля и системы насосного гидроподъема. Приведенные технические решения позволяют исключить забутовку транспортного трубопровода гидроподъема горной массой, повысить надежность работы и производительность комплекса, а также снизить нагрузку на экосистему.

Стаття присвячена розробці машинобудівного комплексу для видобутку і транспортування поліметалічних руд з великих глибин Світового океану, який складається з донного добычного модуля і системи насосного гідропідйому. Наведені технічні рішення дозволяють виключити забутовку транспортного трубопроводу гідропідйому гірничою масою, підвищити надійність роботи і продуктивність комплексу, а також знизити навантаження на екосистему.

The article is devoted to the development of machine-building complex for extraction and transportation of poly-metallic ores from great depths of World Ocean, which consists of a bottom-extraction module and a pump hydraulic hoist system. The technical solutions make it possible to eliminate the backing of transportation pipeline with a mass of rock, and to improve the reliability and performance of the complex and reduce the load on the ecosystem.

Современные мировые тенденции в развитии техники и технологий, а также тенденции к истощению традиционных источников некоторых видов цветных металлов стимулируют развитие новой области горного дела – до-