

ВЛИЯНИЕ БЛОЧНОСТИ МАССИВА НА КУСКОВАТОСТЬ ВЗОРВАННЫХ ПОРОД НА УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗАХ

*Р. А. Такранов, докт. техн. наук (ВНИМИ, Санкт-Петербург, РФ),
В. П. Жилин, инж. (ОАО «Междуречье», РФ)*

Побудовані залежності розміру середніх кусків підірваних порід – алевролітів та піщаників – від середнього розміру блоків окреможестей у масиві. Отримані інтегральні характеристики гранулометричного складу природної блочності та кускуватості підірваних піщаників на ділянках Междуреченського розрізу.

Перспективным направлением решения проблемы подготовки горной массы на разрезах является рациональное использование геологической информации о конкретном взрываеом блоке и закономерностях проявления геологических факторов, определяющих эффективность взрывного дробления пород.

В Междуреченском районе в разные годы нами проводились опытные взрывы с целью разработки методики полноценного и результативного геолого-информационного обеспечения буровзрывных работ (БВР). Были выполнены детальные геологические исследования состава, свойств и трещиноватости пород разрабатываемой толщи. В частности, трещиноватость массива горных пород изучалась путем проведения целенаправленной структурной съемки обнажений. По откосам и забоям уступов осуществлялось измерение элементов залегания трещин и расстояний между ними. Для измерения элементов залегания использовался горный компас специальной конструкции. Линейные измерения иногда заменялись подсчетом количества трещин на определенном интервале обнажения. В камеральных условиях строились диаграммы трещиноватости, используемые для определения средних значений ориентировки систем трещин, оценки их проявления и залегания относительно напластования.

С целью замены трудоемких и неоднозначных операций по построению диаграмм и для определения наиболее вероятных средних значений ориентировки и интенсивности трещин была разработана компьютерная программа Crack Arg.

Кусковатость изучалась по результатам линейных измерений размеров кусков вдоль створов по навалу взорванных пород. Расстояние между створами определялось однородностью распределения кусков породы по размерам на взорванном участке.

Свидетельством влияния трещиноватости на эффективность взрывного дробления и кусковатость горной массы в определенной мере может служить корреляция размеров среднего куска горной массы (d_k) и природного блока (d_0). Вычисление d_k и d_0 ведется по гранулометрическим определениям содержания

P_i (%) и среднего размера d_i кусков и блоков каждого i -го класса крупности:

$$d_k(d_6) = 0,01 \sum_{i=1}^n d_i P_i.$$

Корреляционный анализ осуществлялся по результатам изучения трещиноватости массива и кусковатости взорванных пород, которое проводилось до и после взрыва блоков массива пород.

На рис. 1 показаны зависимости размера среднего куска горной массы (d_k) от блочности массива (d_6) для песчаников и алевролитов Междуреченского угольного разреза, которые описываются уравнениями вида $d_k = a d_6^b$. Начиная с $d_6 \leq 20 \dots 15$ см, имеет место прямая пропорциональная связь d_k с d_6 , что свидетельствует о разрушении мелкоблочных пород по естественным трещинам. Начиная с $d_6 > 150$ см, кривая 2 имеет тенденцию асимптотически выполаживаться. Это указывает на то, что увеличение размера блоков не вызывает адекватного увеличения размера кусков из-за небольшого содержания крупных фракций в составе взорванных пород.

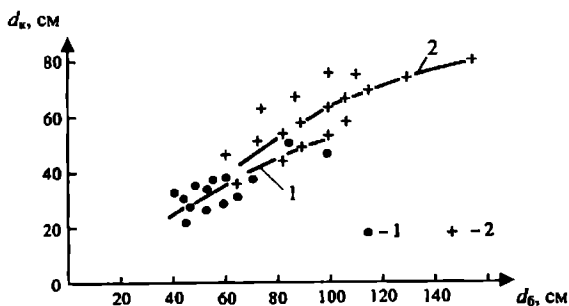


Рис. 1. Зависимость среднего размера куска d_k взорванных алевролитов (1) и песчаников (2) от среднего размера блока отдельности в массиве d_6 на Междуреченском угольном разрезе

Связь d_k с d_6 для других разрезов региона показана на рис. 2. На Красногорском разрезе, по данным КузГПИ, ИГД им. Скопинского и наших наблюдений, имеет место повышенный выход мелкокусковатых фракций в горной массе. Положение пунктирной части кривой 1 на рис. 2 отражает результаты изучения d_k и d_6 для весьма крепких (100...130 МПа) вскрышных пород кровли пласта 21 на Ольжерасском угольном разрезе.

Приведенные на рис. 1 и 2 графики связи d_k с d_6 , полученные для региона, близки к зависимости 3.

При парной корреляции использованы результаты нескольких взрывов, которые отражают одновременное влияние многих геологических и технологических факторов, из-за чего они не всегда отвечают условию однозначности и сопоставимости. Поэтому связь d_k с d_6 реальна только в ограниченных пределах и не всегда сопоставима с другими подобными

зависимостями. Зависимость кусковатости от блочности объективно можно охарактеризовать при использовании данных об их гранулометрическом составе и законов распределения содержания разных классов крупности. В то же время осуществить сравнительный анализ грансостава горной массы корреляционным путем затруднительно из-за отсутствия доступного математического аппарата.

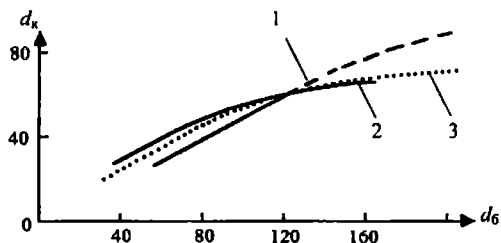


Рис. 2. Зависимость среднего размера куска горной массы d_k от среднего размера блока в массиве d_b : 1 – для Красногорского (сплошная линия) и Ольжерасского (пунктирная линия) разрезов; 2 – для Сибиргинского разреза; 3 – литературные данные для всего Кузбасса

Относительная форма кусков и блоков определялась по способу Л. И. Барона для фактических данных о кусковатости горной массы и трещиноватости массивов. По наибольшим размерам, измеренным по трем взаимно перпендикулярным направлениям (a , b , c), вычислялась их относительная величина делением на средний размер (b).

Для изученных в Междуреченском районе примеров получены следующие соотношения природных блоков для разных логотипов: аргиллиты и алевролиты – 1,4:1:0,8, песчаники глинистые – 1,25:1:0,75, песчаники карбонатные – 1,2:1:0,85, гравелиты – 1,4:1:0,75. Относительная форма кусков взорванных пород на Междуреченском угольном разрезе такая: для алевролитов 1,5:1:0,7, песчаников – 1,3:1:0,8; для песчаников Сибиргинского угольного разреза – 1,25:1:0,8. Эти значения близки к соотношениям, полученным для Кузбасса по литературным источникам [1, 2]: природные блоки 1,25:1:0,6 (0,75), куски 1,4:1:0,7.

Для других горных пород и месторождений такое соотношение размеров, по А. В. Падукову [3], может быть несколько иным, например, для изверженных и магматических пород – 1,7:1:0,65. Это обусловлено индивидуальными геометрическими характеристиками породообразующих минералов (кристаллов, зерен), а также текстурно-структурными особенностями минеральных агрегатов, каковыми являются горные породы. Для группы месторождений Горной Шории, Алмалыка, Магнитогорска, Апатитов форма кусков по А. В. Падукову характеризуется таким средним соотношением: 1,33–1,38:0,67–0,85.

Приведенные данные позволяют утверждать, что кусковатость горной массы на угольных разрезах региона и породная блочность пород в массиве являются инвариантными, поскольку они обусловлены инвариантными процессами техногенной и геологической деформации пород. Инвариантность проявляется не только в отношении индивидуальной формы кусков и блоков, но и при сравнении их статистической совокупности и гранулометрического состава, который математически характеризуется законами распределения.

Среди многих предложений по аналитическому описанию распределения гранулометрического состава пород наибольшее распространение получили логарифмически-нормальное, гамма-распределение, распределение Вейбула, Пирсона. Наиболее простым для практического применения, универсальным и в достаточной мере точно аппроксимирующим эмпирические данные является логнормальное распределение. Физико-математическое обоснование применения логнормального закона распределения размеров кусков породы дано академиком А. Н. Колмогоровым [2]. Исследованиями В. А. Падукова и др. [5] на примерах горных предприятий Кольского полуострова, Норильска, Алтая и др. установлено, что логнормальная модель применима для аналитического описания гранулометрии взорванных пород и для решения на этой основе практических задач БВР.

Построение интегральной формы логнормального распределения удобно осуществлять на логарифмически-вероятностной сетке. Гранулометрические данные о блочности массива до взрыва и кусковатости взорванных пород одних и тех же участков отображаются на таких сетках параллельными прямыми (рис. 3).

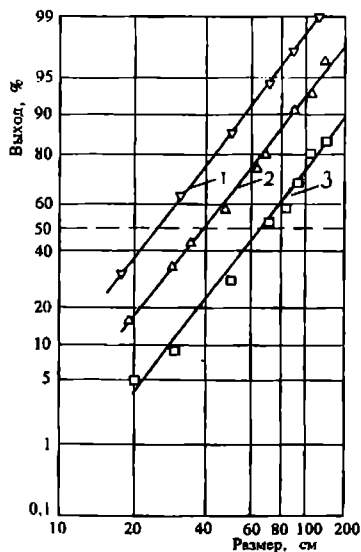


Рис. 3. Интегральная характеристика гранулометрического состава природной блочности (3) и кусковатости взорванных песчаников междупластья I–III на двух (1, 2) участках Междуреченского разреза

Отклонения от логнормального распределения обусловлены фактическим содержанием очень мелких (менее 15...10 см) и очень крупных (более 0,20 м) фракций. Данное отклонение касается небольшого количества горной массы. Поэтому используется усеченное распределение и средняя часть интегральных графиков. Из графиков (рис. 3) просто определяются параметры логнормального распределения: средняя геометрическая величина куска и блока, а также логарифм дисперсии их размеров.

Параллельное положение прямых интегрального распределения блочности и кусковатости получены для разных логотипов вскрышных пород Междуреченского, Красногорского и Ольжерасского угольных разрезов. Их взаимное расположение и сближенность, а также геометрические характеристики (медианная величина блоков и кусков, наклон прямых) свидетельствуют о степени дробления пород. Например, для угольных пластов Экибастуза, взрывааемых на рыхление, графики распределения блочности и кусковатости почти совпадают.

С практической точки зрения инвариантная связь свидетельствует об основном значении трещиноватости при взрывном дроблении пород и образовании соответствующей кусковатости. Этот вывод подтверждается еще и результатами многофакторного корреляционного анализа зависимости среднего куска (d_k) от среднего размера блока (d_b), прочности и удельного расхода взрывчатых веществ, от факторов, определяющих эффективность взрывного дробления пород. Кусковатость (d_k) более тесно коррелирует с блочностью (d_b), чем с другими факторами.

1. Бирюков А. В., Кузнецов В. И., Ташкинов А. С. Статистические модели в процессах горного производства. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 1996. – 228 с.

2. Репин Н. Я. Подготовка и экскавация вскрышных пород угольных разрезов. – М.: Недра, 1978. – 256 с.

3. Падуков В. А., Маляров И. П., Угольников В. К. Инвариантные характеристики кусковатости разрушенных горных пород // Вестник Кузб. гос. тех. ун-та. – 1998. – № 3. – С. 84–87.

4. Колмогоров А. Н. О логарифмически-нормальном законе распределения размеров частиц при дроблении // Докл. АН СССР. – 1941. – Т. 31. – С. 99–101.

5. Падуков В. А., Маляров И. П. Механика разрушения горных пород при взрыве. – Иркутск: Изд-во Иркутского ун-та, 1985. – 128 с.