

УДК 658.32:622.33

В.А. Бабелло

О ПОВЫШЕНИИ ДОСТОВЕРНОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ НЕСКАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Приведены результаты исследований одного из показателей деформационных свойств нескальных горных пород. Установлены зависимости этого показателя от параметров напряженного состояния массивов. Намечены пути повышения достоверности параметров деформационных свойств пород путем предварительной оценки нормальных напряжений и их соотношений.

Ключевые слова: напряжения в породном массиве, геомониторинг, деформируемость горнотехнических сооружений.

Одним из условий успешной реализации современных технологий открытой угледобычи является адекватное отражение расчетно-теоретическими моделями геомеханических процессов в техногенно изменяемых массивах, которое, в свою очередь зависит от точности и детальности информации о показателях свойств, строения и состояния массива. Несмотря на то, что при техногенных воздействиях на горную породу в процессе её добычи происходит изменение параметров её механических свойств, в подавляющем большинстве случаев эти изменения не фиксируют. Это связано с отсутствием единой методологической основы, единого подхода к анализу определяющих изменение упомянутых параметров факторов. Основными методическими инструментами получения информации о комплексе физико-механических свойств горных пород в настоящее время являются лабораторные, стендовые, натурные и геофизические методы исследований пород и массивов. Не вдаваясь в детальный анализ достоинств и недостатков методов (они достаточно из-

вестны), отметим, что решением проблемы повышения достоверности определения и прогнозирования основных показателей техногенно измененного массива может быть создание системы геомониторинга, объединяющей в единый замкнутый цикл отмеченные виды исследований пород и породных массивов[1]. В число задач геомониторинга входит установление правомерности использования предварительно принятой модели деформирования породного массива в процессе его техногенного преобразования. Известно, что реакция породного массива на действие различных физических полей является многофакторным и сложным процессом. Отражением этой реакции является изменение механических свойств горных пород. Рассмотрение современных представлений о механизме этого изменения показывает, что в большинстве случаев традиционные подходы не способны дать корректное объяснение целого ряда специфических особенностей процесса деформирования породного массива. Это касается в первую очередь характера изменения показателей деформаци-

онных и прочностных свойств горных пород. В этой связи, следует отметить, что в отличие от физических, механические характеристики оценивают поведение породы, как правило, в рамках той расчетно-теоретической модели, параметрами которой они являются. При этом неизбежной является схематизация свойств реальной породы в зависимости от предварительно принятой расчетно-теоретической модели, что в последующем может стать причиной ошибок расчетов устойчивости и деформируемости горнотехнических сооружений.

Ранее было установлено, что деформируемость породы, оцениваемой значениями модуля деформации E , зависит от величин главных напряжений и их соотношений [2]. Были предложены методики его определения в зависимости от переменного напряженного состояния техногенных породных массивов.

Для дальнейшего выяснения этого вопроса нами были проведены теоретические исследования, заключающиеся в установлении общих аналитических зависимостей модуля деформации скальных пород от компонентов напряженного состояния техногенно изменяемого массива.

Ранее полученные результаты экспериментальных исследований песчано-глинистых пород позволили сделать вывод о том, что деформационная характеристика E упомянутых пород закономерно уменьшается при снижении вертикального сжимающего напряжения σ_1 , и увеличения $\alpha = \sigma_1 / \sigma_3$. Зависимость $E = f(\alpha, \sigma)$ иллюстрирует общую тенденцию уменьшения модуля деформации породы при приближении её напряженного состояния к предельному по прочности. Диапазон изменения α (граничные условия) был принят максимально воз-

можным: от гидростатического напряженного состояния породы $\alpha = 1/\xi = 1$ до предельного $\alpha_{пр.}$, соответствующего предельным нагрузкам на породный массив. В этой связи были рассмотрены отдельно зависимости $E = f(\alpha)$, $E = f(\sigma)$ и $E = f(\sigma_1, \xi, \xi_1)$ в условиях осесимметричного и неравнокомпонентного напряженных состояний соответственно, где $\alpha = \sigma_1/\sigma_3$ при $\sigma_2 = \sigma_3$; $\xi = \sigma_3/\sigma_1$ и $\xi_1 = \sigma_2/\sigma_1$. Установлено, что зависимость между E и σ_1 может быть выражена в виде линейной функции, а зависимость E от α адекватно отражается показательной функцией (рисунок), которая является решением дифференциального уравнения

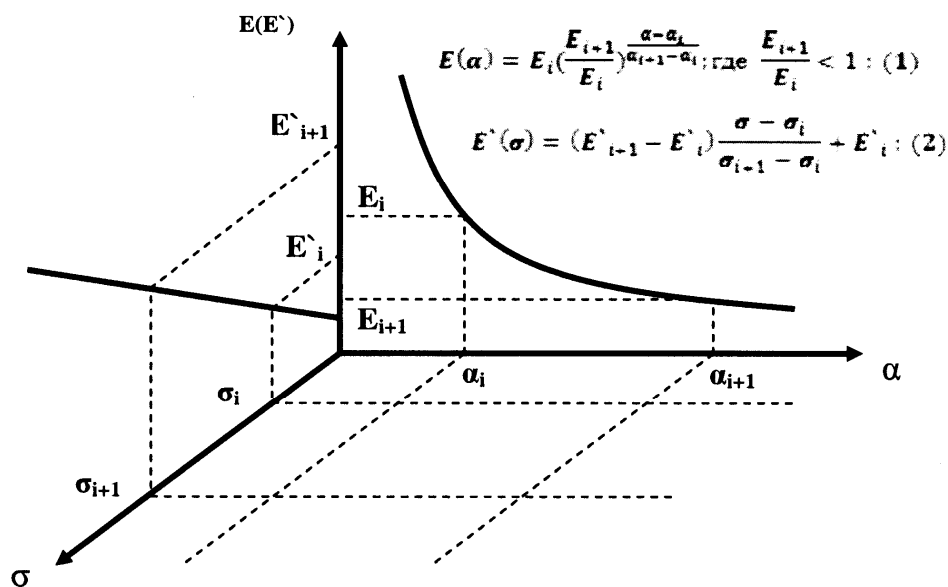
$$dE = -kE d\alpha \quad (1)$$

с краевыми условиями $E(\alpha_i) = E_i$, $E(\alpha_{i+1}) = E_{i+1}$, где $E_{i+1}/E_i < 1$; $0 < \alpha$; $\alpha_i \leq \alpha \leq \alpha_{i+1}$;

Выше был отмечен возможный диапазон изменения α . Значения $\alpha_{пр.}$ может быть определено как опытным путем в результате испытания пород в приборе трехосного сжатия, так и аналитически по зависимости Кулона-Мора. С учетом невозможности принятия горизонтальными напряжениями σ_3 нулевых значений выражение

$$\alpha_{пр.} = 1 + \text{Sin}\varphi / (1 - \text{Sin}\varphi - 2c \text{Cos}\varphi / \sigma_1) \neq \infty \quad (2)$$

В этом случае $(1 - \text{Sin}\varphi - 2c \text{Cos}\varphi / \sigma_1) > 0$ и $\sigma_1 > 2c \text{Cos}\varphi / 1 - \text{Sin}\varphi$. По этой причине следует считать, что значение $\alpha_{пр.}$ должно иметь конечное значение. Достоверность этого параметра зависит от того, насколько адекватно отражает условие Кулона-Мора в каждом конкретном случае геомеханическое состояние массива и точности определения значений σ_1 и φ . Для связной породы на величину $\alpha_{пр.}$ оказывает дополнительное влияние и сцепление c . В условиях гидростатического сжатия породы соответ-



вующего началу диапазона изменения α и равное α_r можно воспользоваться условием $E_r = E_k(\sigma_i)(1+\mu)/(1-\mu)$, где $E_k(\sigma_i)$ – компрессионный модуль деформации; $\alpha_k = 1-\mu/\mu$; где μ – коэффициент Пуассона. Параметр α_k в диапазоне изменения α занимает промежуточное значение и в этой связи, достоверность определения характеристики μ существенно влияет на величину α_k .

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что для повышения достоверности определения показателей деформационных свойств по-

род, необходима предварительная оценка напряженного состояния массива, заключающаяся в установлении всех трех компонент напряжений $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ и их соотношений, а главное – нахождение фактических диапазонов изменения α (от α_i до α_{i+1}) и σ_1 (от σ_{i1} до σ_{i+1}). Другими словами размеров площадки в осях $\sigma - \alpha$, характеризующих особенности напряженного состояния техногенно изменяемого породного массива на разных этапах открытых горных работ, например, отвалообразования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабелло В.А. К вопросу о мониторинге свойств пород в процессе открытой угледобычи. - ГИАБ, № 8, 2009 г. - С. 75-77.
2. Бабелло В.А. Определение деформационных характеристик отвальных пород с учетом переменного напряженного состояния. - ГИАБ № 5. с. 108-111. ГИАБ

Коротко об авторе

Бабелло В.А. – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геологии гидрогеологии, Читинский государственный университет, babellovictor@mail.ru