

О РАСЧЕТЕ КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ В УДАРООПАСНОМ МАССИВЕ ГОРНЫХ ПОРОД В РАМКАХ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГРАДИЕНТНОГО ТИПА

Д. С. Журкина, С. В. Лавриков*, А. Ф. Ревуженко

Институт горного дела им. Н. А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия

**E-mail: lvk64@mail.ru*

Современная геомеханика развивается по пути усложнения представлений о массиве горных пород как среды, обладающей иерархической внутренней структурой [1–3]. Рассматривается несколько различных подходов к описанию структурно-неоднородных горных пород. Одним из активно развивающихся в настоящее время является подход к построению моделей с микроструктурой [4, 5]. Данные модели относятся к классу моделей обобщенных сред.

В работе используется замкнутая математическая модель [6]. В отличие от классического подхода механики сплошных сред здесь деформация бесконечно малого элементарного объема предполагается неоднородной (неаффинной). На границах элементарных объемов учитываются сдвиги, развивающиеся по нелинейному упругопластическому закону. Для описания кинематики вводятся дополнительные степени свободы – в плоском случае кинематика описывается не одним, а двумя независимыми векторами смещений. Это приводит к появлению в определяющих уравнениях параметра размерности длины, описывающего локальную неоднородность – локальные изгибы. В [7, 8] показано, что модель адекватно предсказывает развитие зон высокой концентрации напряжений в структурно-неоднородных массивах горных пород вблизи выработанного пространства.

В настоящей работе с использованием модели численно решена задача о перераспределении напряжений в приконтурной зоне массива горных пород вблизи системы выработок применительно к одной из технологий добычи на удароопасных месторождениях апатит-нефелиновых руд на Кольском полуострове. Установлено, что при последовательной поэтапной отработке рудного тела в условиях преимущественно тектонического поля естественных напряжений наличие неоднородности среды приводит к перераспределению нагрузки между структурными элементами и к переносу значительной ее доли от границ выработок вглубь массива. Данное обстоятельство существенно увеличивает риски вовлечения в деформационный процесс областей массива с внутренними самоуравновешенными напряжениями [9] и, как следствие, повышает вероятность динамических проявлений горного давления.

Работа выполнена в рамках проекта НИР (номер госрегистрации 126021217129-6).

Литература

1. Садовский М.А., Болховитинов Л.Г., Писаренко В.Ф. О свойстве дискретности горных пород // Физика Земли. 1982. № 12. С. 3–18.
2. Викулин А.В., Иванчин А.Г. О современной концепции блочно-иерархического строения геосреды и некоторых ее следствиях в области наук о Земле // ФТПРПИ. 2013. № 3. С. 67–84.
3. Лавриков С.В., Ревуженко А.Ф. О деформировании блочной среды вокруг выработки // ФТПРПИ. 1990. № 6. С. 7–15.
4. Куниин И.А. Теория упругих сред с микроструктурой. М. : Наука. 1975. – 416 с.
5. Смолин И.Ю. Использование микрополярных моделей для описания пластического деформирования на мезоуровне // Математическое моделирование систем и процессов. 2006. № 14. С. 189–205.
6. Ревуженко А.Ф., Микенина О.А. Упругопластическая модель горной породы с линейным структурным параметром // ПМТФ. 2018. № 2. С. 167–176.
7. Журкина Д.С., Лавриков С.В. К расчету концентрации напряжений в зоне влияния очистного забоя в рамках упругопластической модели градиентного типа // ФТПРПИ. 2024. № 3. С. 24–36.
8. Журкина Д.С., Лавриков С.В., Ревуженко А.Ф. Расчет концентрации напряжений в породном массиве вблизи выработанного пространства на основе нелокальной упругопластической модели // Динамические процессы в геосферах. 2024. Т. 16. № 3. С. 50–62.
9. Lavrikov S.V., Revuzhenko A.F. Mathematical modeling of deformation of self-stress rock mass surrounding a tunnel / Desiderata Geotechnica. Springer Nature Switzerland AG. W.Wu (ed.). 2019. P. 79–85.

ON THE CALCULATION OF STRESS CONCENTRATION IN A ROCK BURST-HAZARDOUS MASSIF WITHIN THE FRAMEWORK OF AN ELASTIC-PLASTIC GRADIENT MODEL

D. S. Zhurkina, S. V. Lavrikov*, A. F. Revuzhenko

Chinakal Mining Institute of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

**E-mail: lvk64@mail.ru*

Modern geomechanics develops concept of rock mass as medium with a hierarchical internal structure. Several approaches are being considered. One of them is the construction of models with microstructure. They belong to the class of generalized media models.

In paper a closed mathematical model is used. Unlike the classical approach, the deformation of an infinitely small elementary volume is assumed to be heterogeneous (non-affine) At the boundaries of elementary volumes, elastoplastic shears are taken into account. To describe the kinematics, additional degrees of freedom are introduced: in the 2D-case, the kinematics is described by not one, but two independent displacement vectors. It leads to the appearance of a length parameter in the constitutive equations. It describes a local bending. It was shown that the model adequately predicts the high stress concentration zones in heterogeneous rock mass.

The model is used for numerical solution the of stress redistribution in a rock mass nearby a system of workings, as applied to a mining technology at rock burst-hazardous apatite-nepheline ore deposits on the Kola Peninsula. It was shown that during sequential sublevel mining under conditions of a tectonic stress field, the heterogeneity leads to a stress redistribution between structural elements and to the transfer of a significant stress portion from the opening contour into deep massif. It increases the risk of self-stressed zones involve in the deformation and provoke the rock burst.