УДК 622.834.1

М.Г.МУСТАФИН, *д-р техн. наук, профессор, mustafin_m@mail.ru*
А.В.ПАНЧЕНКО, *аспирант, grag.89@mail.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

M.G.MUSTAFIN, *Dr. in eng. sc., professor, mustafin_m@mail.ru*
A.V.PANCHENKO, *post-graduate student, grag.89@mail.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ПРИБОРТОВОГО МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД С РАЗНОЙ КРИВОЛИНЕЙНОСТЬЮ БОРТА В ПЛАНЕ

Представлены результаты моделирования деформированного состояния прибортового массива горных пород с разной формой борта карьера в плане. Показана методика моделирования. Подчеркнута важность изучения деформационных процессов в прибортовом массиве с учетом нелинейности контура борта.

Ключевые слова: массив горных пород, напряженное состояние пород, уступ, устойчивость борта карьера, метод конечных элементов, прочность пород, модель борта карьера.

CHARACTERISTICS OF THE STRAIN-STRESS DISTRIBUTION OF THE QUARRY FACE WITH DIFFERENT CURVE

The simulation results of the deformed state of rocks at the side of the open excavation with different forms. The technique of modeling. Emphasizes the importance of studying deformation processes taking into account nonlinearity circuit open excavation.

Key words: mines rocks, stress condition, pit wall, stability of a pit wall, technique of finite elements, durability, model of a pit wall.

При открытом способе разработки месторождений полезных ископаемых основным вопросом является обеспечение устойчивости бортов карьеров [1, 2, 4]. Прогнозированию развития деформаций в бортах карьеров с различной криволинейностью в плане посвящено чрезвычайно мало работ. Вместе с тем знание о влиянии этого фактора на деформационный процесс весьма важно, так как позволяет более рационально проектировать горные работы, варьируя параметрами карьера. В частности, для карьеров круглой формы в плане (рис.1, *а*) коэффициент запаса устойчивости борта, очевидно, будет выше, чем борта карьера протяженного, прямоугольного в плане (рис.1, *в*),

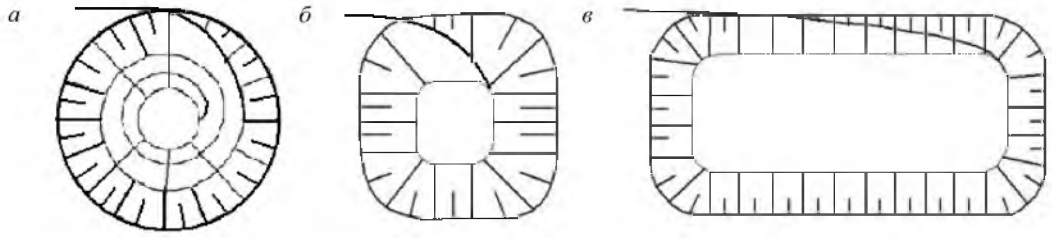


Рис.1. Рассматриваемые формы карьеров в плане: *а* – круглая; *б* – квадратная; *в* – прямоугольная

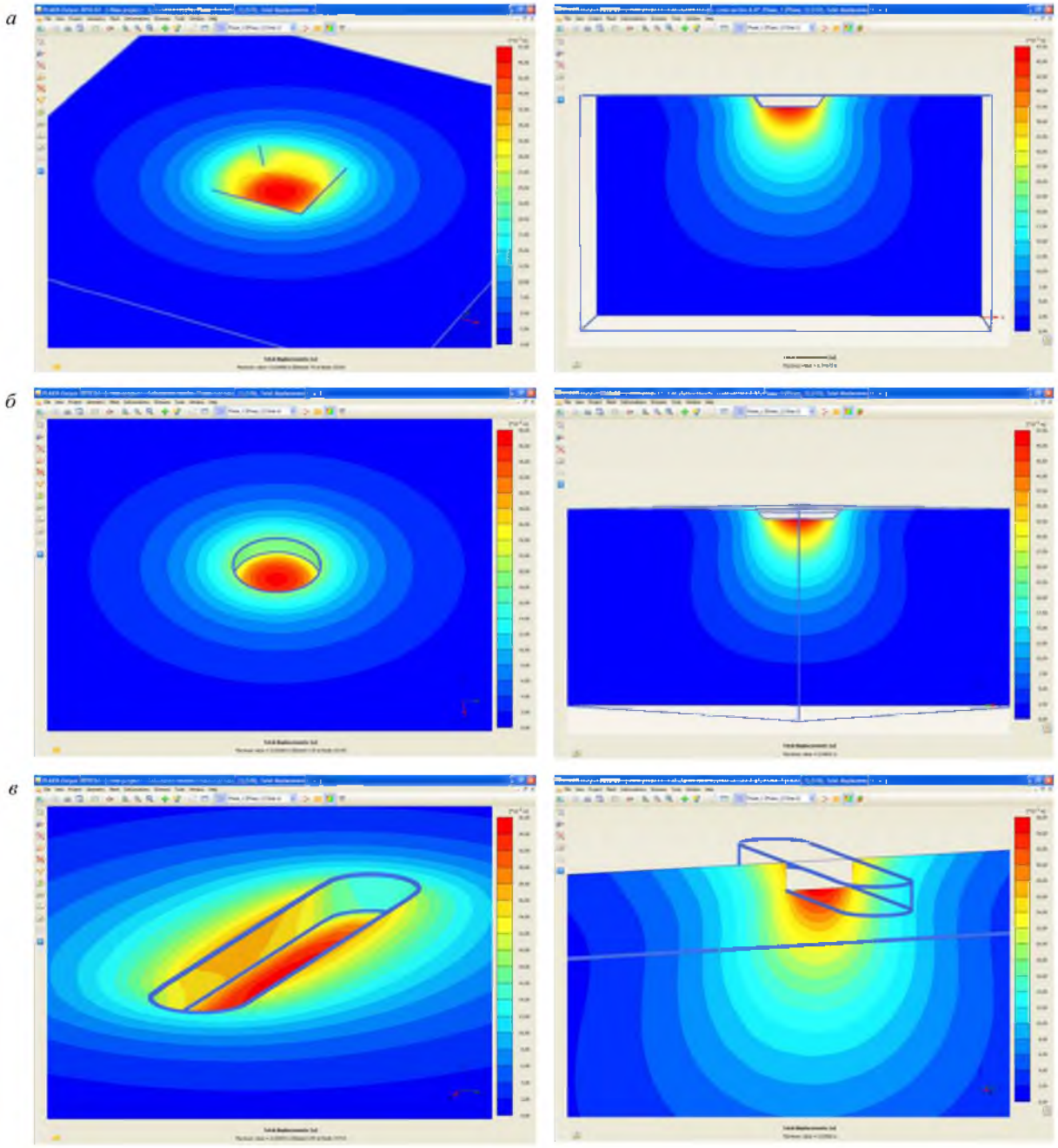


Рис.2. Горизонтальные смещения земной поверхности у карьеров разной формы в плане:
а – круглая; *б* – квадратная, *в* – прямоугольная

с размерами малой стороны равной диаметру круглого. При этом, безусловно, рассматриваются равные значения углов откоса карьеров и их высоты. Важным моментом также является рассмотрение условий, при которых возможно применение решения плоской задачи.

Оценка напряженно-деформированного состояния прибортового массива в объемном виде стала возможной лишь в последнее время и связана с бурным ростом программных продуктов, позволяющих выполнять такие расчеты.

При выборе схемы вскрытия месторождения, способа разработки и, как следствие, его окончательной формы в плане необходимо учитывать геологическое строение пород месторождения и их прочность, обес-

печивающих устойчивость рабочих и нерабочих бортов, предусматривая в проектах соответствующие мероприятия по предотвращению деформаций откосов.

В данной работе использовались упрощенные модели карьеров, сформированные в однородном массиве горных пород, сложенном аргиллитами. Значения механических характеристик приняты усредненными в следующих пределах: сцепление: 1-10 ГПа, угол внутреннего трения 25-30°. Формы карьеров в плане показаны на рис.1. Высота результирующего уступа принята равной 300 м.

Для исследования напряженно-деформационного состояния горных пород вокруг представленных открытых горных выработок использовался наиболее популярный метод конечных элементов, реализованный в программных комплексах «НЕДРА» и «Plaxis» [3]. Построенные модели представлены на рис.2.

На основе результатов моделирования можно сделать следующие выводы. Разница в общих смещениях пород в приконтурном массиве весьма существенна. Так, при рассмотрении вытянутого (прямоугольного карьера) зона интенсивных смещений (см. рис.2) распространяется существенно дальше от борта карьера, чем это наблюдается в приконтурных частях круглого и квадратного в плане карьеров. Этот результат получен в условиях однородного массива. Не рассматривая эффекты, связанные с разнообразием геологического строения массива, можно выделить общие тенденции, связанные с геометрическими параметрами карьеров.

При изучении протяженного карьера с неровной границей в плане места, где наблюдается вогнутость линии борта (нормали к борту карьера фокусируются в сторону выработанного пространства), будут испытывать меньшие горизонтальные смещения и соответственно будут более устойчивы. В этих зонах реализуется так называемый «арочный эффект», при котором происходит зажим пород, что препятствует их деформированию в выработанное пространство. Наоборот, места выпуклости (нормали к борту карьера фокусируются в сторону прибортового массива) будут обладать наименьшей устойчивостью.

Таким образом, показана методика дифференциации прибортового массива на зоны с большей и меньшей устойчивостью, а также наглядно продемонстрировано отличие деформирования карьеров с разной формой борта в плане. Полученные результаты дают обоснование для более глубоких исследований по этому, весьма важному вопросу.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Борщ-Компониец В.И.* Маркшейдерское дело. М.: Недра, 1992.

2. *Галустьян Э.Л.* Управление геомеханическими процессами в карьерах. М.: Недра, 1980.

3. *Мустафин М.Г.* Геомеханическая модель системы «выработка – вмещающие породы» и ее использование при прогнозировании динамических проявлений горного давления // Горная геомеханика и маркшейдерское дело / ВНИМИ. СПб, 1999.

4. *Фисенко Г.Л.* Устойчивость бортов карьеров и уступов. М.: Недра, 1965.

REFERENCES

1. *Borstch-Komponiec V.I.* Mine surveying. Moscow: Nedra, 1992.

2. *Galustyan A.L.* Handle of the process on the pit. Moskow: Nedra, 1980.

3. *Mustafin M.G.* Geomechanical model of the «generation – the rocks» and its use in predicting the dynamic manifestations of rock pressure // Mining Geomechanics and Mine Surveying / VNIMI. Saint Petersburg, 1999.

4. *Fisenko G.L.* Stability of the pit branches. Moscow: Nedra, 1965.