УДК 622.023

П.И.ЮШМАНОВ, *аспирант, pavelyushmanov@yandex.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

P.I.YUSHMANOV, *post-graduate student, pavelyushmanov@yandex.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТА КАРЬЕРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕЗУЛЬТАТОВ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПРИБОРТОВОГО МАССИВА

Приводится описание способа оценки устойчивости борта карьера на основе моделирования поверхности скольжения. Приведен пример расчета.

Ключевые слова: сдвижение земной поверхности, борт карьера, наблюдения, деформации, напряженно-деформированное состояние, физико-механические свойства.

ABOUT DETERMINATION OF POTENTIAL SLIDING SURFACE BASED ON STRESS ANALYSIS IN PIT WALL SOLID

The paper gives description of method of estimation of pit wall based on simulation of sliding surface. The calculation example is given.

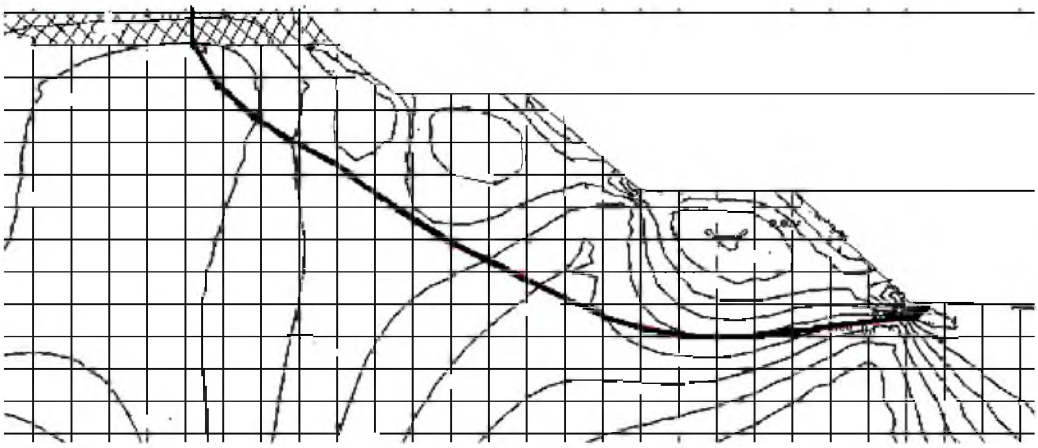
Key words: earth surface movement, pit wall, observations, deformations, stress and strain state, mechanical-and-physical properties.

При определении устойчивости борта карьера по инструктивным методикам [4] выполняют расчет, который включает построение плоскости скольжения борта карьера. Существует достаточно много способов определения плоскости скольжения, но лишь некоторые базируются на результатах моделирования напряженно-деформированного состояния прибортового массива. Вместе с тем от точности определения плоскости скольжения во многом зависит надежность расчета устойчивости.

В горной геомеханике широкое применение нашли численные методы расчета напряжений и деформаций. Их использование посредством современной вычислительной техники позволяет, в отличие от аналитических методов, не столько решать задачи по определенным расчетным схемам, сколько осуществлять компьютерное и имитационное моделирование. Это в значительной степени приблизило теоретические подходы к решению задачи к реальным ее условиям. Так, стало возможным в рамках одной модели, основанной на фундаментальных принципах геомеханики, учитывать влияние различных факторов, а также данные, полученные в натурных условиях, обеспечивая этим надежность и системность решения конкретной задачи.

В настоящих исследованиях оценка напряженно-деформированного состояния (НДС) горного массива выполнялась с использованием компьютерной технологии моделирования, разработанной во ВНИМИ и развиваемой Горным университетом. Это программный комплекс (ПК) «НЕДРА» [1] по реализации метода конечных элементов (МКЭ) для решения нелинейных, объемных задач.

Рассмотрим следующую задачу. Карьер глубиной 36 м разрабатывается тремя равновысотными уступами (см. рисунок.). Борт



Касательные напряжения

карьера представлен породами прочностью 5-10 МПа. Угол внутреннего трения пород принят равным 30°. Модуль упругости пород составляет 5 ГПа. Мощность наносов равна 4 м. Решалась упругопластическая плоская задача. Размеры модели приняты такими (расстояние от верхней бровки до границы составило 100 м), чтобы на границе, противоположной борту карьера, напряжения соответствовали природным, другими словами, чтобы не было влияния выработки.

Коэффициент устойчивости борта определяли на основе двух способов расчета плоскости скольжения: по типовому способу – с использованием круглоцилиндрической поверхности [2, 3] и на основе моделирования поверхности скольжения с применением ПК «НЕДРА».

В обоих случаях оценка устойчивости проводилась на основе решения задачи о многоугольниках сил путем алгебраического сложения взаимодействующих сил.

Типовое решение задачи дало коэффициент устойчивости $K = 1{,}53$.

Для определения поверхности скольжения рассматривались картины напряженного состояния по всем компонентам напряжений. Наиболее удобной оказалась картина распределения касательных напряжений (см. рисунок). При использовании поверхности, построенной с привлечением напряженного состояния прибортового массива пород, $K = 1{,}74$.

Таким образом, установлено, что с применением компьютерных технологий моделирования можно отстраивать плоскости скольжения для конкретных горно-геологических условий, тем самым обеспечивать необходимые и достаточные параметры устойчивости борта карьера.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Мустафин М.Г.* Оценка влияния скорости подвигания очистного забоя на изменение динамики нагружения краевых частей выработки и характер сдвижения подработанного массива горных пород // Современные проблемы безопасной разработки угольных месторождений / ВНИМИ. СПб, 2006. С.172-177.

2. Правила обеспечения устойчивости откосов на угольных разрезах / ВНИМИ. СПб, 1998.

3. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях / ВНИМИ. СПб, 1998. 291 с.

4. Расчетные методы в механике горных ударов и выбросов: Справочное пособие / И.М.Петухов, А.М.Линьков, В.С.Сидоров и др. М.: Недра, 1992. 256 с.

REFERENCES

1. *Mustafin M.G.* Estimation of having an effect of advance rate of mining face on variation of dynamics of stress of working selvedge and character of underworked solid mass movement // Modern problems of safe coal mining / VNIMI. Saint Petersburg, 2006. P.172-177.

2. Rules of slope stabilization in coal strip mines / VNIMI. Saint Petersburg, 1998.

3. Rules of protection of constructions and natural objects from harmful influence of underground mountain workings out on coal deposits / VNIMI. Saint Petersburg, 1998. 291 p.

4. Computational methods in rock bump mechanics: Reference aid / I.M.Petuchov, A.M.Linkov, V.S.Sidorov and others. Moscow: Nedra, 1992. 256 p.