

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ГОРНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

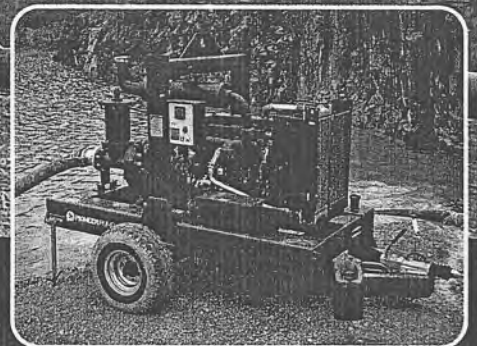
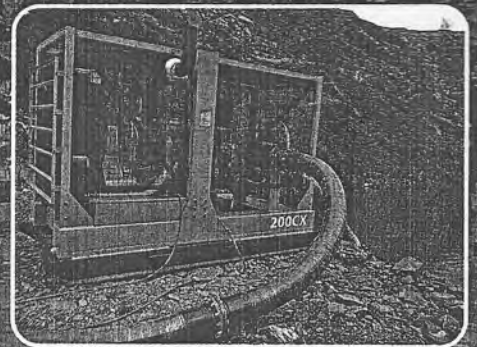
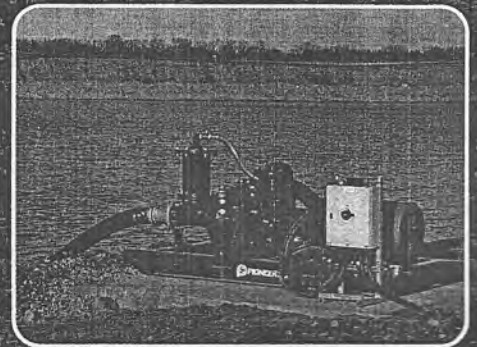
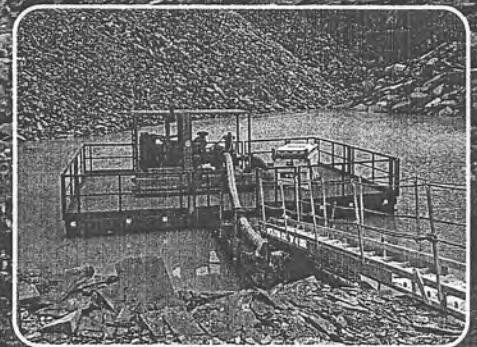
 www.mining-media.ru

№1 (131) / 2017



Дизельные и электрические насосные установки **PIONEER PUMP**

- Производительность до 11000 м³/ч, напор свыше 200 м;
- Короткий срок поставки, склад запчастей в России



ООО «Технопамп» – официальный дистрибьютор в России
тел.: +7 (499) 755-50-69 • sales@pioneerpump.ru • www.pioneerpump.ru

- 82 В.В. Козлов, А.Б. Михеева, А.С. Оганесян, В.В. Агафонов
Обоснование принципов создания малооперационных технологий при использовании в очистных забоях гидромониторных агрегатов
- 83 В.В. Козлов, А.Б. Михеева, В.А. Арефьев
Разработка малооперационных технологических схем очистных работ для шахт с гидравлическим способом добычи угля
- 86 А.М. Павлов, Д.С. Васильев
Повышение эффективности подземной разработки тонких крутопадающих жил
- 89 Г.И. Грозовский, В.В. Котельников, В.В. Сидорчук, В.В. Вернигор, В.В. Грот
Анализ безопасности эксплуатации шахтных лифтовых установок
- 91 К.К. Абдылдаев, С.Ж. Куваков, Курманбек уулу Т.
Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния прибортовых массивов однородного сложения
- 93 К.К. Абдылдаев, С.Ж. Куваков, Курманбек уулу Т.
Исследование физико-механических свойств на различных глубинах и анизотропии горных пород месторождения Макмал
- 95 А.В. Барановский
Горное дело и горняки на банкнотах мира
- 98 **История горного дела в мировом развитии футбола**

Реклама:

| | |
|---------------------|----|
| ЕРТ-Групп | 43 |
| Кредо-Диалог | 40 |
| НАВГЕОКОМ | 37 |
| ОКС-Трейд | 25 |
| смазка.ру | 23 |
| Технопарк «Импульс» | 63 |
| Dressta | 1 |
| Herrenknecht | 13 |
| Joy Global | 29 |
| Libherr | 11 |
| SCADSoft | 75 |
| Scania | 71 |
| SSAB | 19 |
| Volvo | 7 |

На обложке:

ООО «Техноамп»; PAUS; Terex Trucks, ОАО «ВИСТ Групп»;
 ООО «Техстройконтракт»

Выставки:

| | |
|---|---------|
| Конференции горных инженеров угольной промышленности (Москва) | 22 |
| AMM Congress (Казахстан) | 31 |
| MiningWorld Russia-2017 (Москва) | 32 |
| MinTech-2017 (Казахстан) | 44 |
| Уголь России и Майнинг-2017 (Новокузнецк) | 48 |
| СТТ (Москва) | 53 |
| Импортозамещение-2017 (Москва) | 58 |
| SOLIDS Russia (Москва) | 65 |
| INTRA-TECH (Санкт-Петербург) | 68 |
| IMRB Russia 2017 | 81 |
| SAPE 2017 (Сочи) | 85 |
| MiningWorld Central Asia (Казахстан) | 88 |
| Mines and Technology 2017 (Финляндия) | 99 |
| MiningWorld Uzbekistan (Узбекистан) | 99 |
| Конференции «Сеймартек» (Челябинск) | 97, 102 |

Учредитель и издатель ООО НПК «Гемос Лимитед»

Генеральный директор,
 главный редактор

Е.В. Анистратова
 eanistratova@msmu.ru

Зам. главного редактора

М.Н. Котровский

Ведущий редактор

Г.А. Дёмина

Выпускающий редактор

А.А. Раизин

Верстка, дизайн

Л.В. Павлова

Финансовый директор

Л.А. Горочнина

Переводчик

Н.Н. Григорьева

Адрес редакции:

Россия, 119049, Москва,
 Ленинский пр-т, 6, стр. 3, офис Г584
 (Горный институт НИТУ «МИСиС»)
 e-mail: gornprom@msmu.ru
 www.mining-media.ru

Отдел подписки:

тел./факс: +7 (499) 230-27-70

Отдел рекламы:

тел./факс: +7 (499) 230-07-71

Представитель журнала по Северо-Западному округу:

Ирина Нагорная –
 тел.: +7 (911) 910-24-46;
 e-mail: irina.nagor@gmail.com

Реклама на сайте:

e-mail: info@mining-media.ru

Подписные индексы:

Каталог «Газеты. Журналы»

Роспечати – **72179, 81742**

Объединенный каталог

«Пресса России» – **87746**

Каталог российской прессы

«Почта России» – **10807**

Зарегистрировано в Комитете РФ
 по печати, рег. №013573 от 5 мая 1995 г.

В течение года подписку на журнал
 можно оформить на сайте.

© «Горная Промышленность», 2017

Перепечатка, включение информации, содержащейся в рекламных и иных материалах, во всевозможные базы данных для дальнейшего их коммерческого использования, размещения таких материалов в любых СМИ и Интернет допускаются только с письменного разрешения редакции.

Редакция не несет ответственности
 за содержание рекламных материалов.

Подписано к печати 28.02.2017

Тираж 9 000 экз. Цена свободная

© «Горная Промышленность» – является
 зарегистрированной торговой маркой.

Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния прибортовых массивов однородного сложения

К.К. Абдылдаев, к.т.н., доц., Иссык-Кульский государственный университет им. К. Тыныстанова,
 С.Ж. Куваков, Институт геомеханики и освоение недр НАН КР, г. Бишкек,
 Курманбек уулу Т., к.т.н., доц., Кыргызский государственный университет им. И.Арабаева

На настоящее время в Кыргызстане интенсивно прогрессирует процесс добычи полезных ископаемых из месторождений, расположенных в условиях высокогорья. Рудные месторождения, расположенные в гористой местности, характеризуются сложным геологическим строением, разнообразием условий залегания и физико-механических свойств вмещающих пород, резко переосеченным рельефом с активным проявлением тектонических процессов, которые существенно влияют на напряженное состояние и устойчивость элементов систем разработки. Они формируются в различных геологических, климатических, гидрогеологических и других условиях под действием разных факторов и представляют собой дискретные тела природного образования. Прибортовые массивы как однородные, так и неоднородные, оказывают большое влияние на формирование деформируемости и зон концентрации напряжений.

Как известно, математическое моделирование напряженно-деформированного состояния массива горных пород можно осуществлять как аналитическим, так и численным методом. Если аналитический метод позволяет устанавливать точные функциональные зависимости изучаемых параметров, то с помощью численного метода мы получаем конкретные данные, близкие к реальным [1–3]. Обычно численный метод подразделяется на метод конечных элементов, метод конечных разностей, метод граничных элементов и др. В последние годы метод конечных элементов получил широкое распространение для решения инженерных задач, на его основе составлено множество автоматизированных программ для моделирования напряженно-деформированного состояния геотехнических объектов.

Современные численные методы позволяют создавать модели реальных массивов, с учетом граничных условий. На данный момент существует множество программных продуктов, например, Ansys, Nastran, FEM models, Matcad, Matlab, GenIDE32, SoilWorks, Stress, Plaxis, вычислительный комплекс SCAD и др. В качестве инструмента для своих исследований мы использовали программу Plaxis 8.6, разработанную на языке FORTRAN Нидерландскими учеными и программистами. Программа позволяет решать упругие, пластические и упруго-пластические геотехнические задачи с учетом различных параметров. Эта программа основана на методе конечных элементов с использованием треугольных элементов для составления сетки геометрической модели. А все треугольные элементы могут включать в себя 6 или 15 узлов. Одними из важных требований моделирования являются граничные условия моделируемого объекта, которые соблюдаются в программе Plaxis. В этом

случае граничные вертикальные линии закреплены по координате X, а граничная горизонтальная линия (линия основания геометрической линии) закреплена полностью по двум координатам [4, 5].

В работе смоделировано напряженно-деформированное состояние прибортового массива месторождения Макмал на примере геометрического разреза № 14, в котором вмещающая порода и руда приняты как однородная изотропная среда. Физико-механические свойства пород, полученные в лабораторных условиях, показаны в таблице [6, 7].

Геометрические параметры, деформационная сетка и деформированное состояние нагорного карьера показаны на рис. 1. Высота нагорного карьера составляет 156 м, длина 172 м.

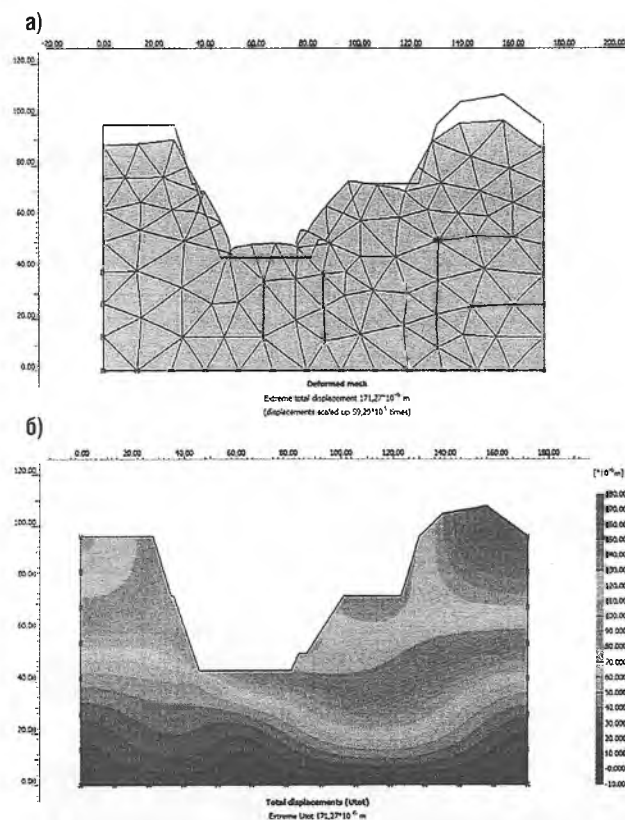


Рис. 1 Геометрические параметры и деформационные характеристики: а – геометрические параметры нагорного карьера; б – деформированное состояние массива

Таблица Физико-механические свойства горных пород

| Название пород | $\sigma_c, \text{kN/m}^2$ | $\sigma_n, \text{kN/m}^2$ | $\gamma, \text{kN/m}^3$ | $E, \text{kN/m}^2$ | ν | $\phi, ^\circ$ | $C, \text{kN/m}^2$ |
|----------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------|-------|----------------|--------------------|
| Мраморизованные известняки | 1,16E + 04 | 5,8E + 03 | 26,5 | 6,200E + 07 | 0,250 | 60 | 1,360E + 04 |

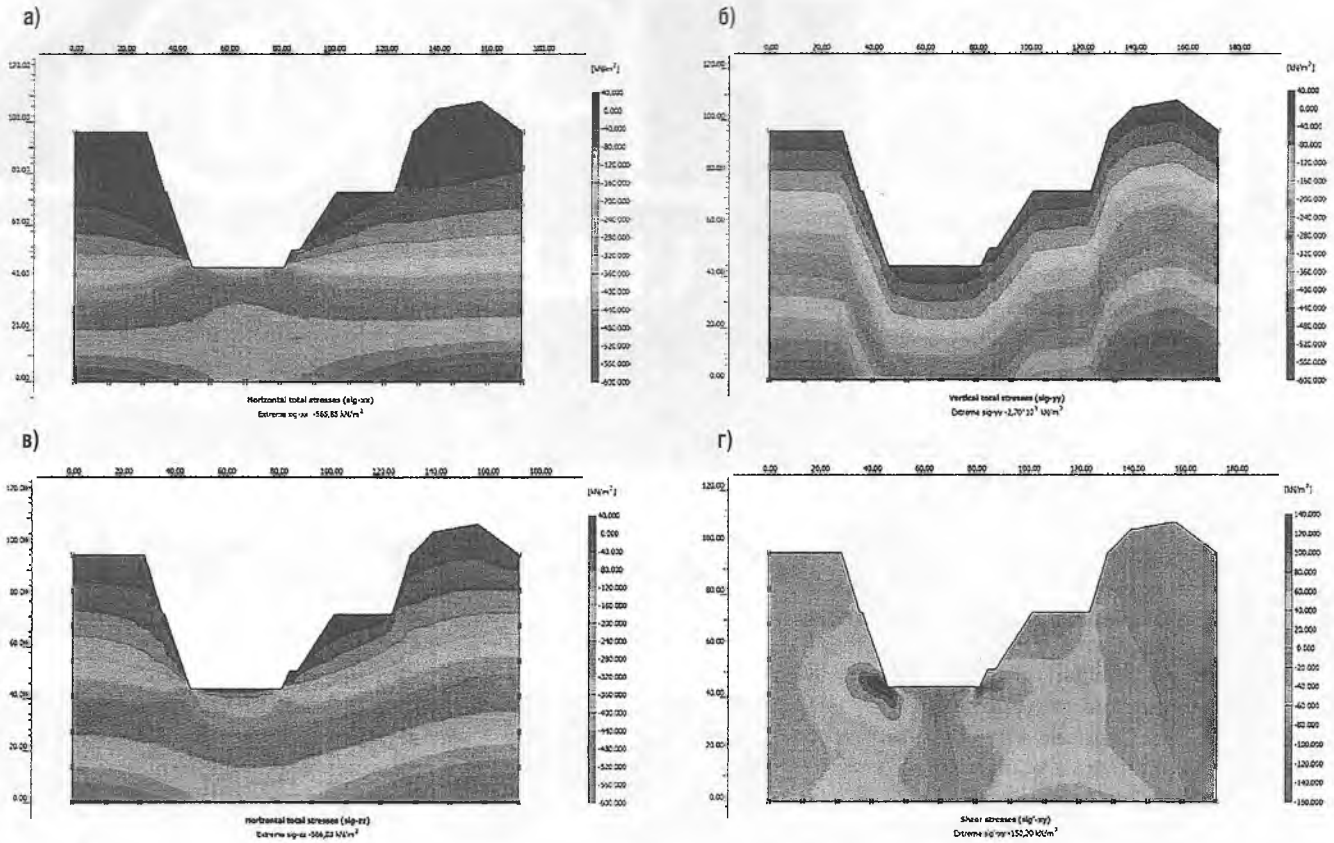


Рис. 2 Распределение напряжений в массиве: а – распределение горизонтальных напряжений (XX); б – распределение вертикальных напряжений (YY); в – распределение горизонтальных напряжений (ZZ); г – распределение касательных напряжений (XY)

При моделировании численным методом геометрическая область исследуемого прибортового массива была разделена на 148 треугольных и 15 узловых элементов с суммарным количеством 1281 узловых точек (см. рис. 1, а).

Среднее значение сторон треугольных элементов, на которые был разбит геометрический разрез массива, составило 11,20 м. На рис. 1, б показаны деформационные характеристики прибортового массива. В процессе анализа нами замечено, что векторы перемещений узловых точек направлены в сторону выработанного пространства, значение максимального перемещения которого равно $171,27 \times 10^{-6}$ м.

На рис. 2 показано распределение напряжений – двух горизонтальных XX и ZZ, и вертикального YY, т.е. по трем взаимно перпендикулярным осям, и касательных напряжений XY. Как видно на рис. 2, а, концентрация горизонтальных (по оси X) сжимающих напряжений отмечена в области контактов бортов с дном карьера, значения которых меняются от 150,63 до 530,82 kN/m^2 . Вертикальные напряжения распределены равномерно по глубине карьера. Значения вертикальных сжимающих напряжений изменяются от 0,34 до 2683,45 в направлении сверху вниз (рис. 2, б).

Характер распределения горизонтальных напряжений по оси Z практически такой же, как и горизонтальных напряжений по оси X, но имеет отличительные значения, которые изменяются от 57,28 до 226,44 kN/m^2 в областях контакта бортов с дном карьера (рис. 2, в). Как показано на рис. 2, г, концентрации касательных напряжений возникают в двух областях: в правой изменяются от 11,87 до 160,08 kN/m^2 , в левой области – от 2,68 до 188,07 kN/m^2 .

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ:

1. Глушко В.Т., Гавеля С.П. Оценка напряженно-деформированного состояния массивов горных пород. – М.: Недра, 1986. – 221с.
2. Айтматов И.Т., Кожозулов К.Ч. Напряженное состояние и прочность элементов систем разработок крутопадающих месторождений Средней Азии. Фрунзе: –Изд. «Илим»-1988. – С. 121.
3. Абдылдаев К.К., Кожозулов К.Ч., Курманбек уулу Т. Геомеханическая модель неоднородных прибортовых массивов сложноструктурных месторождений // Горная промышленность. –2016. №6 (130). – С. 86-87.
4. Куваков С.Ж. Моделирование горнотехнических задач с использованием программы Plaxis. // Современные проблемы механики сплошных сред. – Бишкек: 2014. – Вып. 20. – С. 216-222.
5. Кожозулов К.Ч., Куваков С.Ж. Моделирование напряженного состояния подкарьерных запасов при комбинированной разработке рудных месторождений // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. – Новосибирск: 2015. – Вып. №2. – С.14-18.
6. Рабочий проект на отработку запасов горизонта 2310 м, штольни № 11, месторождения Макмал, ПИЦ «Кен-Тоо», Бишкек, 2012.
7. Куваков С.Ж., Кадыралиева Г.А., Джакубеков Б.Т. Физико-механические свойства горных пород глубоких горизонтов месторождения «Макмал». // Вестник Кыргызско-Славянского университета. Том 16. – Бишкек: 2016. №5. – С. 151-153.

