© М.А. Земляной, А.В. Денисов, 2010

УДК 622.441.55

*М.А. Земляной, А.В. Денисов*

# МОДЕЛЬ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В МАССИВЕ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ПОДГОТОВКЕ ЗАПАСОВ МЕРГЕЛЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕМЕНТА (на примере Новороссийского месторождения мергеля)

*На примере Новороссийского месторождения мергелей разработана модель пространственного распределения напряжений в кровле горной выработки (штольни), позволяющая описывать зоны концентрации напряжений в кровле горной выработки.*

*Ключевые слова: горные работы, мергель, напряженно-деформированное состояние, производство цемента.*

Подготовка запасов при помощи штолен с размещением шпуровых и скважинных зарядов, применяемых для сотрясательного взрывания, влечет за собой ослабление устойчивости рабочего откоса, перераспределение напряжений в массиве горных пород. Сложно становится обеспечивать устойчивость горных выработок, подготовленных к размещению зарядов ВВ. Кроме того, ведение горных работ на вышележащих уступах приводит к кратковременным динамическим нагрузкам от работы горно-добычной и транспортной техники, проведения массового взрыва, отработка полезного ископаемого вышележащих уступов влечет за собой перераспределение нагрузки в кровле горных выработок. Разгрузка напряжений в выработку и потеря устойчивости одной штольни может привести к необратимым последствиям, связанных с потерей устойчивости значительной части рабочего борта карьера.

В таких условиях, при подготовке полезного ископаемого к отработке при помощи сотрясательного взрывания с проведением штолен первостепенное значение приобретает управление напряженно-деформированным состоянием горного массива, позволяющее как повышать устойчивость подземных выработок, так и при необходимости снижать ее, при проведении сотрясательного взрывания. Рациональность и надежность применяемых методов управления горным давлением во многом определяет безопасность эксплуатации подземных сооружений, устойчивость откосов рабочих бортов карьера и эффективность открытой и подземной геотехнологии в целом.

Таким образом, управление напряженно-деформированным состоянием массивов скальных горных пород, находящихся под действием изменяющихся во времени нагрузок, обусловленных перераспределением первоначальных напряжений породной толщи в окрестностях горных выработок и зон обрушения необходимо производить на основе кластерной модели пространственного распределения

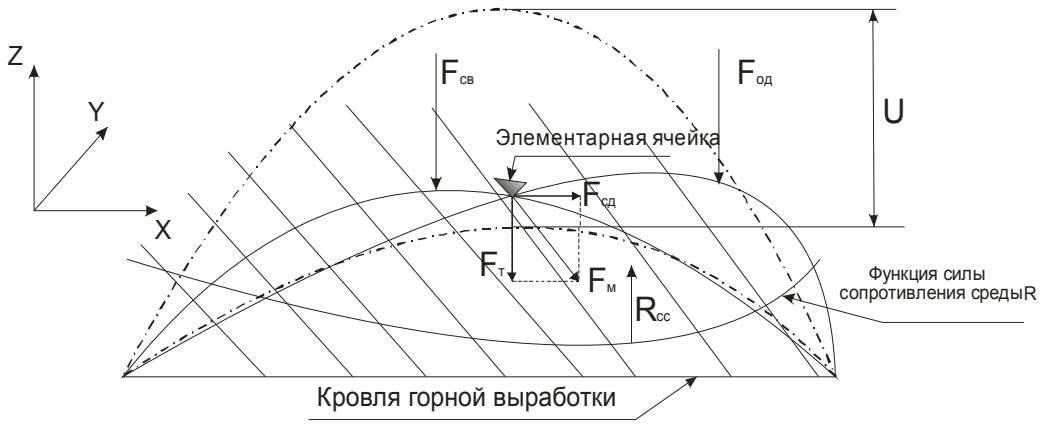


***Рис. 1. Схема проявления сил в кровле горной выработки при ее проведении, величина которых зависит от параметров сооружения и технологии его проведения:*** U – приращение амплитуды проявления резонанса напряжений от свода естественного равновесия и опорного давления, м

напряжений в кровле горной выработки.

Данная модель позволяет производить интегрированную оценку напряженно-деформированного состояния массива пород в кровле горной выработки, расположенной в борту карьера. Основным элементом модели является ячейка с поперечным сечением в виде треугольника.

Данные показаний приборов обрабатываются математическим аппаратом модели, описывающим зоны концентрации напряжений в кровле горной выработки. Для каждой ячейки рассчитывается напряженно-деформированное состояние, входящих в нее пород и обосновываются направления пространственного перемещения локальных зон массива горных пород в условиях совместного ведения открытых и подземных горных работ.

Напряжения, разгружаясь в выработанное пространство, вызывают пространственные перемещения более нагруженных (слабоустойчивых элементарных ячеек) локальных участков массива горных пород, вмещающего выработку. Перемещение элементарных ячеек в пространстве ограничено наложением на локальные участки связей породного массива.

Анализ рис. 1. показывает, что на элементарную ячейку массива горных пород, движущуюся по вертикальной оси z под собственным весом $F_т$ и действием модуля силы $F_м$, кроме силы $F_т$ (действие свода естественного равновесия) пропорциональной расстоянию $z_1$ и силы $R_{сс}$ сопротивления среды, пропорциональной скорости v, действует еще периодически изменяемая сила $F_{од}$ (опорное давление).

В качестве примера использована модель со следующими входными данными: E – 3,8 тс/м$^2$(модуль деформации); V – 0,38 – (коэффициент Пуассона);

H – 0,73315 (глубина сжимаемой толщи пород), м; $R_о$ – 1.6 тс/м$^3$ (удельный вес породы).

Расчет выполнен программным комплексом "ЛИРА".

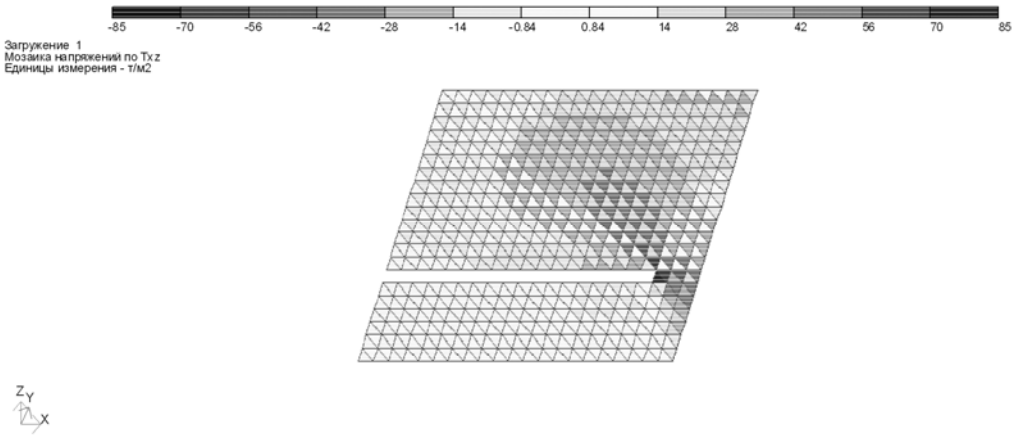


***Рис. 2. Схема кластерной модели пространственного распределения напряжений в кровле горной выработки (штольни)***

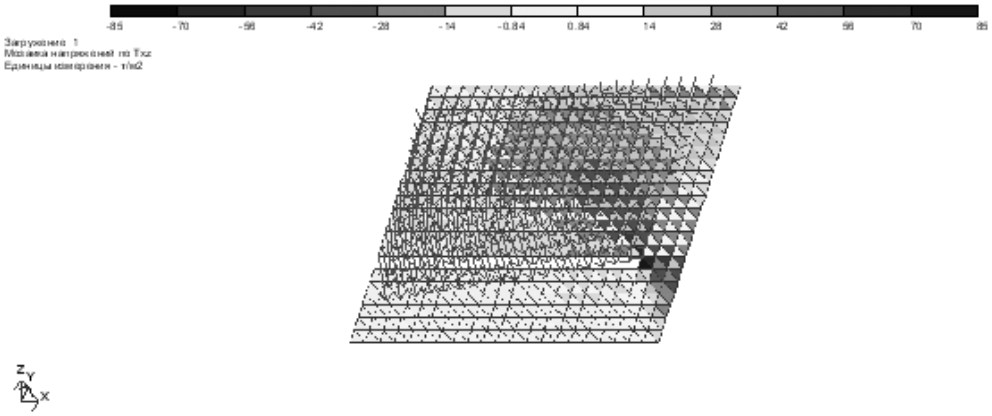


***Рис. 3. Векторы направлений пространственного перемещения пород, нагруженных собственным весом***

В основу расчета положен метод конечных элементов в перемещениях.

На рис. 2 представлена схема кластерной модели пространственного распределения напряжений в кровле горной выработки.

Данные показаний приборов обрабатываются математическим аппаратом модели, описывающим зоны концентрации напряжений в кровле горной выработки. Для каждой ячейки рассчитывается напряженно-деформированное состояние, входящих в нее пород и обосновываются направления пространственного перемещения локальных зон массива горных пород в условиях совместного ведения открытых и подземных горных работ.

На рис. 3. представлено направление пространственного перемещения пород, входящих в ячейки кластерной модели, нагруженных собственным весом.

Анализ результатов показал, что на рис. 3 и рис.4 видны характер распределения напряжений и направление векторов сил перемещения локальных зон в кровле горной выработки. Учитывая вышесказанное можно констатировать, что модель пространственного распределения напряжений в кровле горной выработки дает наиболее полную информацию о протекании процессов усиления и релаксации напряжений в горном массиве.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Казикаев Д.М.* Комбинированная разработка месторождений: Учебник для вузов. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, Издательство «Горная книга», 2008. – 360 с.

2. *Казикаев Д.М.* Геомеханика подземной разработки руд: Учебник для вузов. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2005. – 542 с.: ил. ГИАБ


## Коротко об авторах


*Земляной М.А.* – кандидат технических наук, докторант каф. Подземная разработка месторождений полезных ископаемых (ПРМПИ),
*Денисов А.В.* – первый заместитель ген. директора ОАО НТЦ «Промышленная безопасность».


## РУКОПИСИ, ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА


***Мельник В.В.,*** д.т.н., профессор кафедры ПРПМ,
***Сушев Р.А.,*** аспирант кафедры ПРПМ,
Московский государственный горный университет


ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОТРАБОТКИ ЗАПАСОВ УЧАСТКОВ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЛОЖНОЙ КОНФИГУРАЦИИ (778/10-10 от 23.07.2010 г.) 7 с


*Дано научное обоснование принципов проектирования технологий отработки запасов участков угольных месторождений сложной конфигурации.*



*Ключевые слова: участки сложной конфигурации, ТКВ, короткие лавы, параметры отработки.*



***Melnik V.V.,*** D.Sc. in engineering, professor of the faculty of Underground mining,
***Sushchev R.A.,*** post-graduate student of the faculty of Underground mining,
Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru


DESIGN PRINCIPLES OF TEHNOLOGY OF MINING AREAS OF COAL FIELDS OF COMPLEX COMFIGURATION


*The article is submitted by the scientific substantiation of the design principles of tehnology of mining areas of coal fields of complex comfiguration.*



*Key words are areas of complex comfiguration, TKV, short longwall faces, mining parameters.*