

УДК 622.441.65

**М.А. Земляной, Ю.И. Разоренов, А.В. Денисов**

**ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА УПРАВЛЕНИЯ  
НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННЫМ  
СОСТОЯНИЕМ ГОРНОГО МАССИВА В УСЛОВИЯХ  
ПРОВЕДЕНИЯ И КРЕПЛЕНИЯ ШТОЛЬНИ**

*Выполнено обоснование способа управления напряженным состоянием массива, вмещающего штольню в условиях подготовки запасов к выемке при селективной отработке мергеля для производства цемента (на примере Новороссийского месторождения мергеля).*

*Ключевые слова: горные породы, крепление штольни, кровля горной выработки, напряжения в массиве горных пород.*

---

**П**оскольку процесс деформирования является следствием движения элементарных частиц, то устойчивость массива горных пород напрямую зависит от скорости, направления и количества движения данных частиц. Следовательно, определяя локальные области существующего положения напряженного состояния массива по кластерной модели напряжений, представляется возможным создавать области усиления и ослабления массива горных пород для решения поставленной задачи.

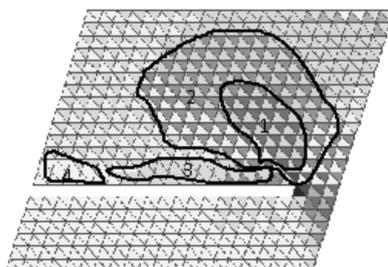
Для создания баланса напряжений (при условии сохранения выработки для эксплуатации) необходимо разгружать созданные и существующие напряжения в рабочую зону с меньшим напряжением, создавая разгрузочные шели, воронки, полости и т.д., а также производить механическое закрепление локальных зон с высоким напряжением. Для подготовки запасов к выемке (создания дисбаланса напряжений) необходимо закладывать сосредоточенные заряды в зоны с высоким напряженным состоянием, соз-

давая дополнительные плоскости обнажения для проработки массива горных пород сотрясательным взрыванием до состояния заданной трудности экскавации карьерными выемочными машинами.

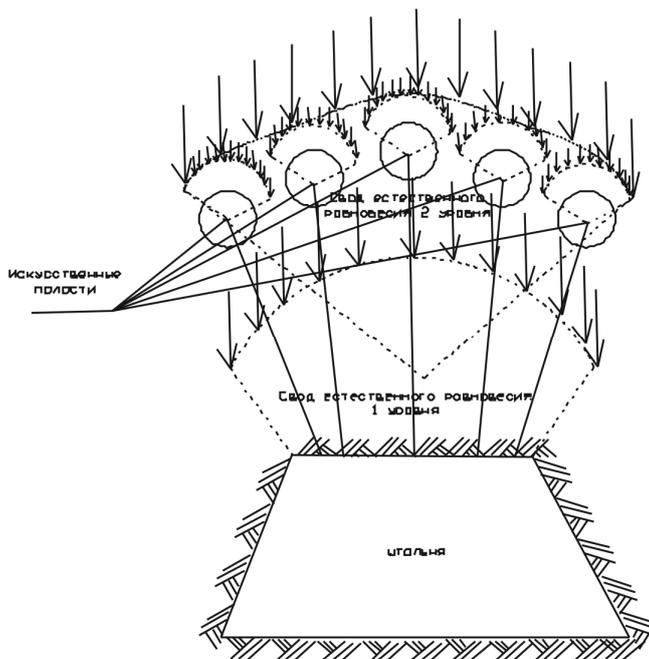
Также для поддержания баланса напряжений в кровле горной выработки необходимо создавать заграждения, основанные на природе связей элементарных частиц посредством самозаклинивания породных элементов.

На рис. 1 представлена кластерная модель напряженного состояния массива горных пород с выделенными зонами по величинам напряжения.

Для этого необходимо создавать искусственные полости в массиве горных пород над штольней, которые будут разгружать горное давление посредством обрушения и тем самым создавать свод естественного равновесия над искусственно созданной полостью. В результате создания искусственных полостей на всем протяжении горнотехнического сооружения (штольни) позволит создать «дополнительный» свод естественного



**Рис. 1. Зоны концентрации напряжений в массиве горных пород в кровле горной выработке (штольне):** 1 - зона высоких (резонирующих напряжений); 2 – зона повышенных напряжений; 3 - зона слабого проявления напряжений; 4 - зона релаксируемых напряжений; вмещающий массив, включающий перечисленные зоны является рабочей зоной



**Рис. 2. Схема создания искусственного заграждения проявлению горного давления посредством создания искусственных полостей с естественным самозаклинением частиц горных пород над штольней**

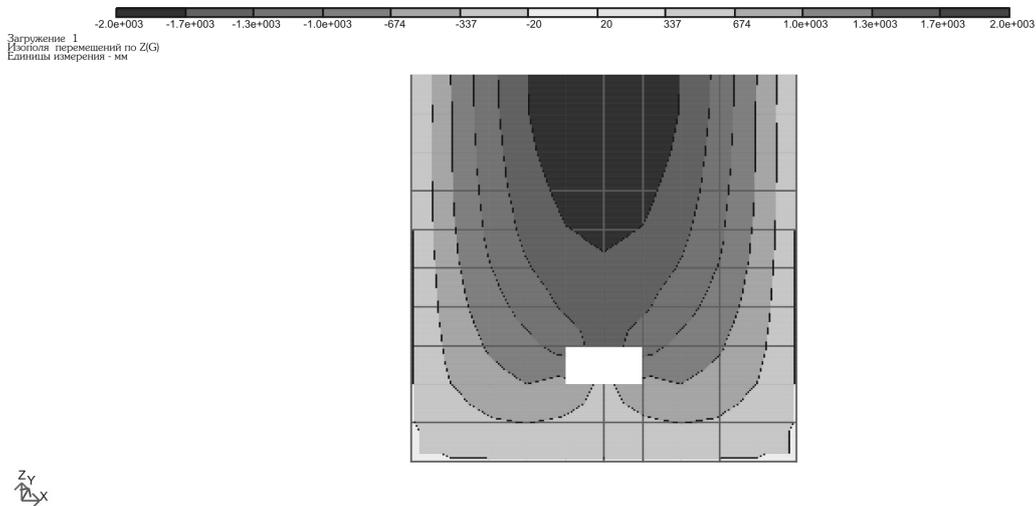
равновесия (свод второго уровня) над штольней.

На рис. 2 представлена схема «свода второго уровня» основанного

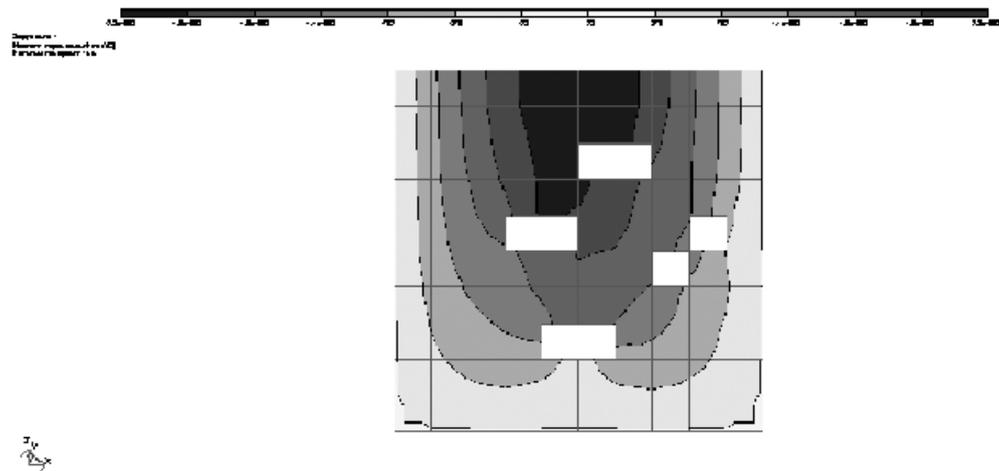
на принципе самозаклинивания пород посредством создания искусственных полостей в массиве горных пород.

Кроме того, создавая искусственные полости в массиве горных пород (рабочий борт карьера) в кровле горной выработке происходит перераспределение касательных напряжений, а также перемещение элементарных частиц (элементов горных пород, слагающих массив) в пределах зон нарушения природных связей в структуре пород. На рис. 3 представлена схема перемещений по вертикальной оси Z элементарных частиц горных пород при незакрепленной горной выработке в обычных условиях проведения штольни.

В ином случае, когда созданы искусственные полости в массиве горных пород над горнотехническим сооружением, можно наблюдать изменение в направлении и



**Рис. 3. Схема изополей перемещения элементарных частиц горных пород по вертикальной оси Z в мм**

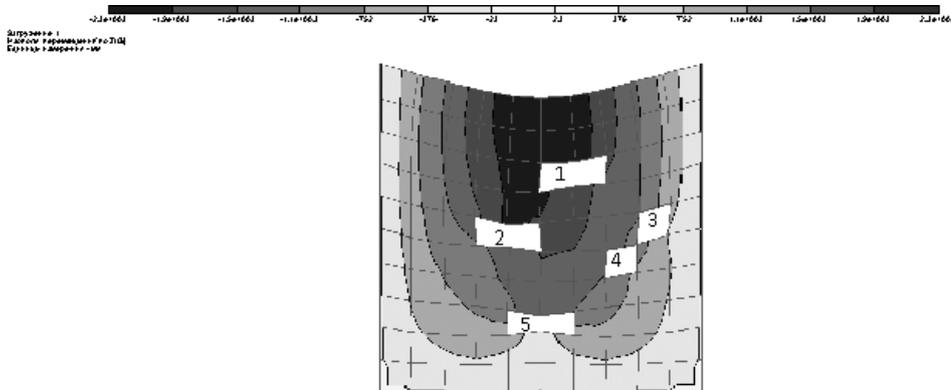


**Рис.4. Схема изополей перемещения элементарных частиц горных пород в условиях проведения искусственных полостей в кровле горной выработки**

интенсивности перемещения элементарных частиц по вертикальной оси Z ограниченного изополями перемещений рис.4.

На рис.4. представлена схема изополей перемещения элементарных частиц в условиях проведения искусственных полостей в массиве кровли горной выработки.

Это обусловлено тем, что напряжения в массиве горных пород передаются посредством природных связей и чем прочнее природная связь в элементах массива, тем устойчивее «канал передачи» напряжений. Массив, сложенный различными видами пород, характеризуется разнопрочностными свойствами и как следствие



**Рис. 5. Деформация массива пород, вмещающего искусственные полости для создания свода естественного равновесия 2-го уровня: 1, 2, 3, 4 – искусственно созданные полости в массиве горных пород; 5 – штольня**

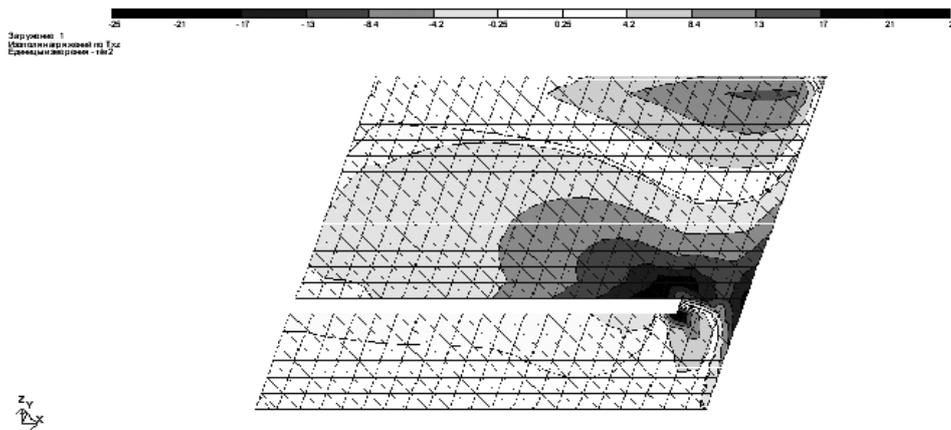
различным сопротивлением проявлению горного давления. В результате нарушения «канала передачи» напряжения (природных связей) значительно замедляется разрушение и перемещение пород, слагающих массив в зонах проявления высокого (резонирующего) напряжения. Создавая искусственные полости в массиве над выработанным пространством происходит нарушение «канала передачи» напряжений и перераспределение последних.

Как видно из рис. 5 деформация и перемещение пород началась с оседания кровли искусственных полостей.

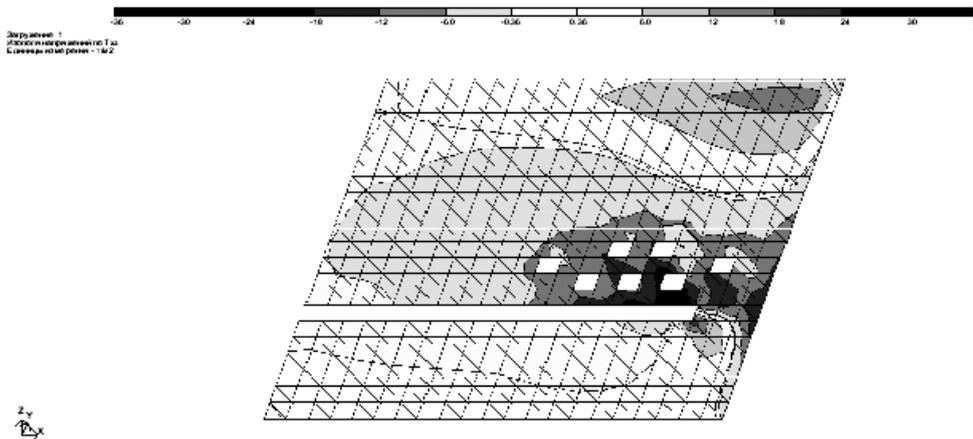
Причем в полости 1, попадающей в зону высоких (резонирующих) касательных напряжений максимальный прогиб кровли и перемещение части почвы приурочено к левой стенки полости, тогда как в полости 2 максимальные перемещения наблюдаются в правой ее части. По мере увеличения удельной нагрузки деформация потолочин искусственных сооружений продолжается с образованием разломов и свода обрушения.

При сравнении поперечных сечений штольни на рис. 6. и рис. 7. можно видеть, что при наличии искусственных полостей в зоне локальных касательных напряжений имеется возможность снизить величину последних, тем самым перераспределить касательные напряжения в зону наименьшего влияния на горнотехническое сооружение.

Важно отметить, что при выполнении задачи сохранения горнотехнического сооружения необходимо перераспределять образовавшиеся касательные напряжения по рабочей зоне массива, вмещающего штольню при создании баланса действующих и противодействующих сил для сохранения целостности геосистемы посредством создания искусственных полостей в кровле массива. В противном случае, выполняя задачу дезинтеграции физических связей и разупрочнения массива при сотрясательном взрывании до возможности экскавации горно-добычными машинами готовое к выемке полезное ископаемое, искусственно созданные полости служат местом размещения заряда взрывчатого вещества.



**Рис. 6. Изополя касательных напряжений в кровле штольни при отсутствии искусственных полостей**



**Рис. 7. Изополя касательных напряжений в кровле штольни при наличии искусственных полостей**

Анализ проведенных испытаний показывает локальные зоны с высоким (резонирующим), повышенным и релаксирующим касательным напряжением, кроме того, появляется воз-

можность управления напряженно-деформированным состоянием горного массива при подготовке запасов к выемке.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балец А.Е. Управление напряженно-деформированным состоянием скального массива при подземной разработке рудных месторождений системами с обрушениями. Автореферат диссертации на соискание

ученой степени доктора технических наук, 2007.

2. Казикаев Д.М. Комбинированная разработка месторождений: Учебник для вузов. – М.: Издательство Московского государст-

венного горного университета, Издательство «Горная книга», 2008. – 360 с.

3. Айзенберг Т.Б., Воронков И.М., Осецкий В.М. Руководство к решению задач по теоретической механике. М., Государственное издательство «Высшая школа», 1962.

4. Гитис Л.Х. Статистическая классификация и кластерный анализ. – М.: Издатель-

ство Московского государственного горного университета, 2003. – 157 с.: ил.

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

## **КОРОТКО ОБ АВТОРАХ**

---

*Земляной Михаил Александрович* – кандидат технических наук, докторант,  
*Разоренов Юрий Иванович* – профессор, доктор технических наук, проректор по воспитательной работе, YRaz@npi-tu.ru.

Южно-Российский государственный университет (Новочеркасский политехнический институт), кафедра подземной разработки месторождений полезных ископаемых,

*Денисов Александр Викторович* – первый заместитель ген. директора ОАО НТЦ «Промышленная безопасность».



---

**РУКОПИСИ,  
ДЕПониРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ГОРНАЯ КНИГА»**

### **МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАК МЕТОД ТЕХНОЛОГИИ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

(837/09-11 от 15.06.11) 9 с

Латышев Виктор Александрович - кандидат технических наук, доцент, Ямальский нефтегазовый институт - доцент кафедры естественно научных и технических дисциплин.

*Рассмотрены варианты технологий высшего профессионального образования, критерии технологичности учебного процесса, функции образования, представлен анализ особенностей реализации образовательных технологий в Ямальском нефтегазовом институте при обучении студентов инженерного факультета специальности 190603(230100) «Автоматизация технологических процессов и производств».*

*Ключевые слова: варианты технологий, технологичность учебного процесса, педагогическая технология, образовательные технологии, учебные занятия.*

### **THE INTERDISCIPLINARY STUDIES AS A TECHNOLOGY OF A HIGHER EDUCATION**

*Latyshev V.A.*

*This article addresses the matters related to the variants of technologies of higher professional education, criteria of teaching process adaptability, educational functions. Also provided the analysis of implementation features of educational technologies at Yamal Oil and Gas institute while tutoring the students of Engineering faculty, specializing at 190603(230100) "Automation of technological process and production".*

*Key words: variants of technologies, teaching process adaptability, pedagogical technology, educational technologies, academic studies.*