

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УГЛА ЗАЛЕГАНИЯ ДИЗЬЮНКТИВНОГО
НАРУШЕНИЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ
ПРОТЯЖЕННЫХ ВЫРАБОТОК**

Розроблена і досліджена чисельна модель геологічного порушення з метою оцінки впливу на стійкість виробок, що перетинають.

**ESTIMATION INFLUENCE OF THE CORNER BURIAL FISSURE
ON STABILITY CARRYING OUT STRETCHED OF DEVELOPMENTS**

The numerical model of geologic failure designed and investigated with the purpose of an estimation of agency on a stability of crossing developments.

Одной из проблем при отработке угольных пластов является наличие геологических нарушений. Устойчивость капитальных, подготовительных и очистных выработок существенно снижается при пересечении ими нарушенного породного массива. Разработка и исследование численных моделей геологического нарушения с целью оценки их влияния на устойчивость пересекающих выработок является актуальной научно-технической задачей и представляет собой основу для разработки способов обеспечения устойчивости выработок в этих условиях.

Объектом исследований является нарушение, которое пересекает горизонтальную выработку.

Рассмотрена упруго-пластическая задача, в качестве метода исследования принята, конечно-элементная, модель, модифицированная для исследования упруго-пластической задачи.

Целью настоящей статьи является разработка и исследование численных моделей геологического нарушения с целью оценки их влияния на устойчивость пересекающих выработок.

Наиболее часто встречающимся в пределах шахтного поля геологическим разрывным нарушением с пологим и наклонным залеганием пластов являются сбросы, которые образуют тупоугольные скрещения и характеризуются относительным перемещением всячего крыла вниз, в результате которого возникает зияние пласта. Большинство сбросов имеет небольшие размеры и амплитудные смещения (до 10 м).

Для исследований был выбран типичный породный углевмещающий массив с размерами в поперечном сечении 400x200 м. Модулируемый дизъюнктив представляет собой сброс. Угол наклона дизъюнктива принят равным 35, 50, 65, 75, 90 градусам. Выработка, вокруг которой исследуется устойчивость породного массива, проходится горизонтально, примерно, посередине по отношению к вертикали исследуемого массива. Высота и ширина выработки составляет 3 м. По отношению к простиранию нарушенных пород, сброс является продольным.

Для реализации численной модели двадцатиметровая зона влияния вокруг

дизъюнктива была разбита на 10 одинаковых по ширине частей, каждая из которой имела собственные физико-механические характеристики пород. В частности, модуль упругости, который изменяется по линейному закону в большую сторону по мере отдаления от дизъюнктива. Разбиение на относительно большое количество областей с разными физико-механическими свойствами обусловлено стремлением свести к минимуму влияние дискретности.

Выработка моделируется вырезом прямоугольной формы, длина которого увеличивается по мере продвижения забоя. Каждому конечному элементу в зоне ± 2 м от нарушения задаются свои физико-механические параметры: модуль Юнга – E , коэффициент Пуассона – μ , предел прочности на одноосное сжатие – R_c [1]. Они изменяются в первом приближении линейно от некоторых предельных величин до параметров нетронутого породного массива. Разрыв заполнен материалом, имеющим те же предельные характеристики.

В качестве примера для решения задачи были выбраны условия ш. Алмазная ГП «Добропольеуголь». Геологические нарушения залегают под углами 35° , 50° , 65° , 75° , 90° по отношению к оси проводимой горизонтальной выработки.

Расчетная конечно-элементная схема задачи приведена на рис. 1.

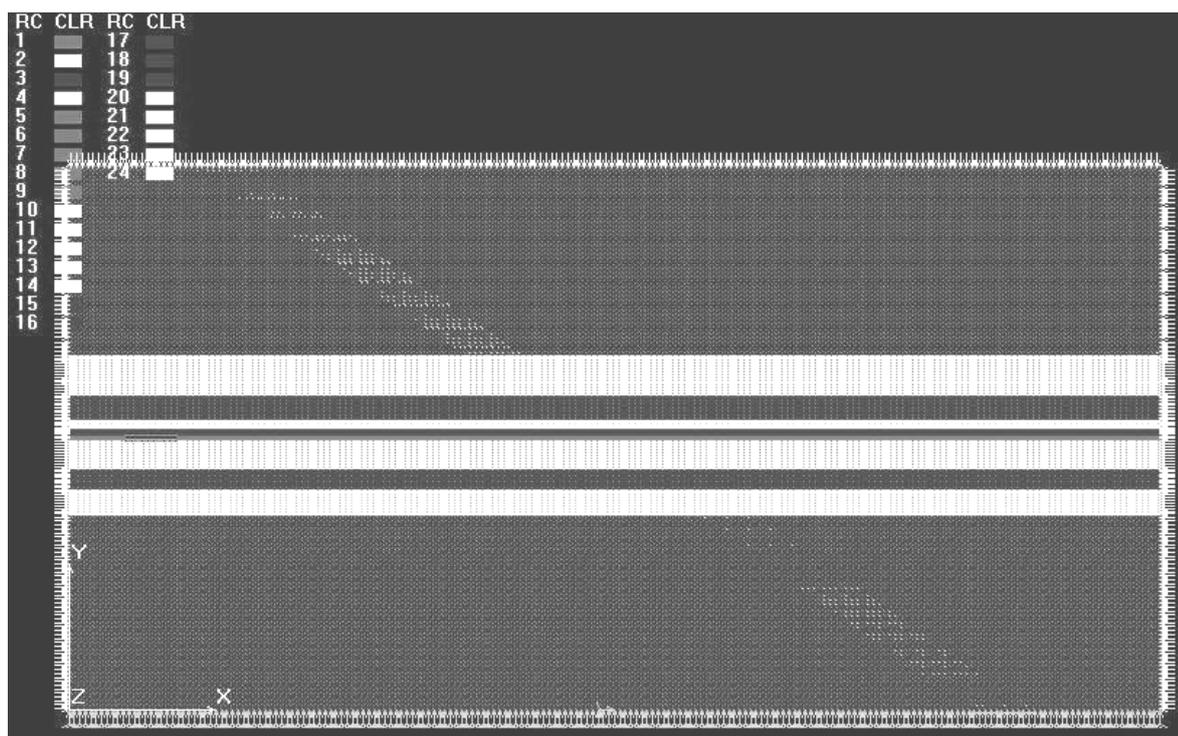


Рис. 1 – Расчетная конечно-элементная схема к решению задачи

В процессе расчета в каждом элементе K определялись компоненты напряжений от груди забоя по нормали – l к геологическому нарушению, а – расстояние от груди забоя к геологическому нарушению, как показано на рис. 2.

В процессе расчета в каждом элементе определялись компоненты напряжений и перемещений. Величина эквивалентных напряжений устанавлива-

лась по формуле [2]:

$$\sigma_3 = \frac{(1-\psi)(\sigma_x + \sigma_y) + \sqrt{(1-\psi)^2(\sigma_x + \sigma_y)^2 + 4\psi(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 16\psi\tau_{xy}^2}}{2\psi}, \quad (1)$$

где σ_x , σ_y – компоненты главных напряжений, ψ – коэффициент хрупкости, равный отношению предела прочности на растяжение пределу прочности на сжатие, τ_{xy} – касательное напряжение.

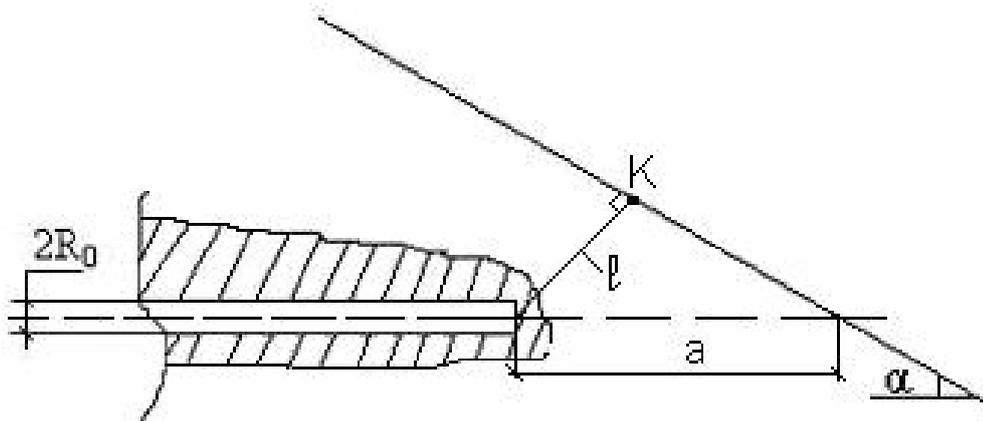


Рис. 2 – Расчетная схема по определению компонентов напряжений.

Величина эквивалентных напряжений сравнивалась с пределом прочности массива – R_c в конкретном конечном элементе

$$\sigma_3 \leq R_c k_c. \quad (2)$$

Элементы, в которых соотношение (2) не выполнялось, считались разрушенными.

Величина коэффициента структурного ослабления определялась по формуле [3]:

$$k_c = 1 - \sqrt{0,5\eta} \exp(-0,25\eta), \quad (3)$$

где η – коэффициент вариации прочности породного массива, определяемый по формуле [3]:

$$\eta = \sqrt{\frac{l_T + l_0}{l_T} (\eta_0^2 + 1)} - 1, \quad (4)$$

где l_T – среднее расстояние между трещинами; l_0 – наибольший размер стандартного породного образца; η_0 – коэффициент вариации результатов испытаний стандартных породных образцов.

Установлено, что размер зоны неупругих деформаций (ЗНД) обратно пропорционален устойчивости выработки [3]. Таким образом, можно оценить влияние геологического нарушения на устойчивость пересекающей его выработки.

На рис. 3, а-к, показан рост зоны неупругих деформаций вокруг выработки по мере приближения ее забоя к геологическому нарушению и его пересечения.

Отчетливо прослеживается рост размеров ЗНД, в особенности со стороны пород кровли и, следовательно, понижение устойчивости выработки.

Можно предположить, что чем меньше угол пересечения выработки с нарушением (угол наклона нарушения), тем больше соответственно ЗНД. Отсюда следует, чем больше ЗНД, тем меньше коэффициент устойчивости выработки, как показано на рис. 4, а-д.

На рис. 4, а-д. показано уменьшение коэффициента устойчивости выработки по мере приближения ее забоя к геологическому нарушению и его пересечения в зависимости от угла залегания. Отчетливо прослеживается снижение коэффициента устойчивости при приближении выработки проводимой в противоположном направлении по отношению к геологическому нарушению. Непосредственно при пересечении нарушения наблюдается самый низкий коэффициент устойчивости, далее с удалением от нарушения наблюдается восстановление естественного состояния пород. Таким образом, чем меньше угол залегания геологического нарушения, тем меньше коэффициент устойчивости выработки к.

Таким образом, напряженно-деформированного состояния, предлагаемый метод исследования породного массива в окрестности выработок при пересечении ими геологических нарушений дизъюнктивного типа позволяет, в первом приближении, решить поставленную задачу и, впоследствии, оценить эффективность предлагаемых мероприятий по повышению устойчивости искусственно создаваемых протяженных полостей.

Выводы.

1. Важнейшим элементом в физико-техническом процессе отработки угольных пластов является информация о состоянии породного массива в окрестностях проводимой выработки и, прежде всего, об изменении его геомеханического состояния, обусловленного, во-первых, проведением выработки, а во-вторых, – наличием в массиве аномалий различного происхождения. В связи с этим для проектирования и эксплуатации месторождений полезных ископаемых необходимо знать как начальное напряженное состояние массива, так и напряженное состояние его после проведения горных выработок, а также изменение напряжённого состояния в период эксплуатации месторождения.

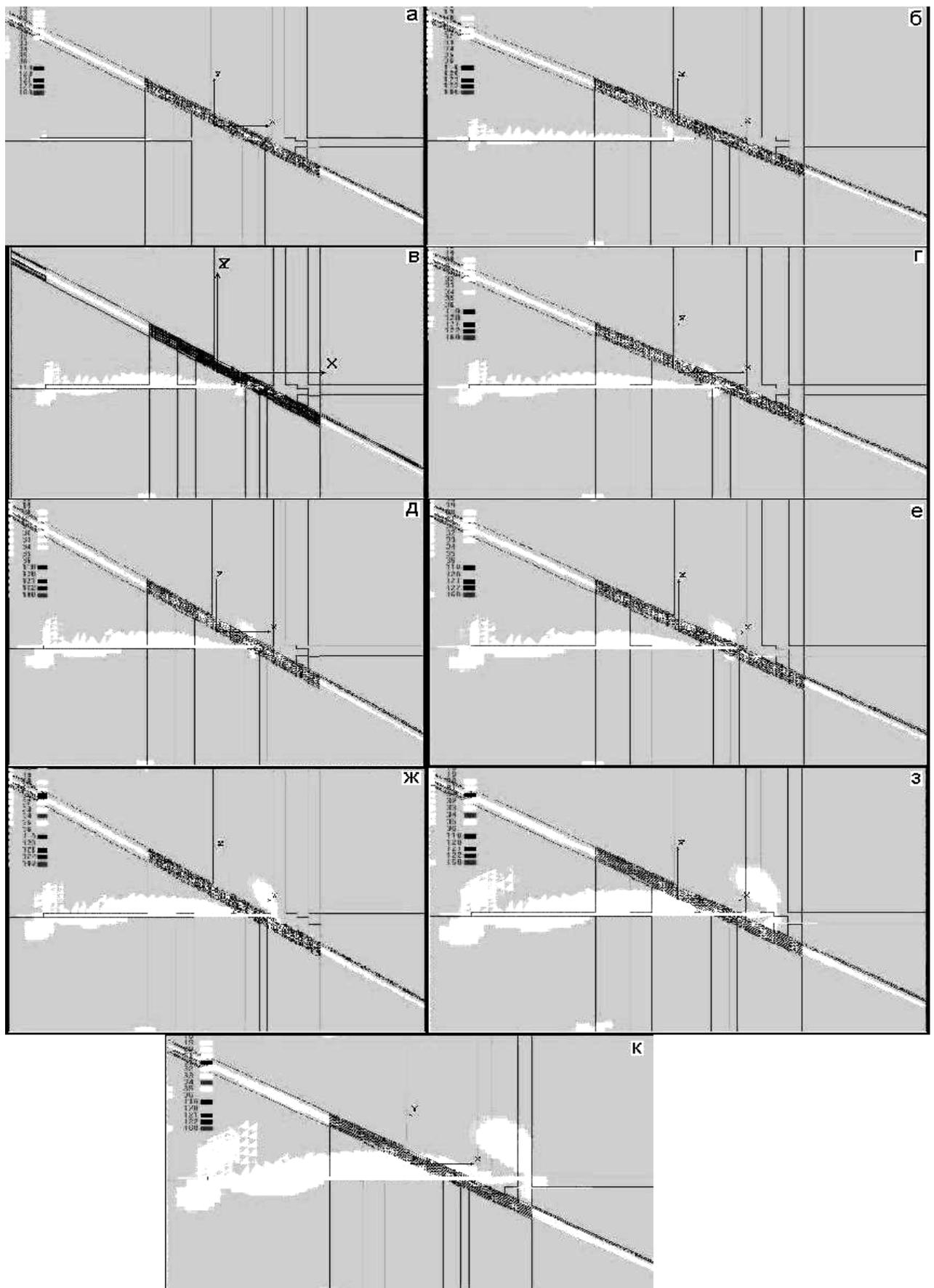


Рис. 3 – Изменение зоны неупругих деформаций по мере приближения забоя выработки к геологическому нарушению.

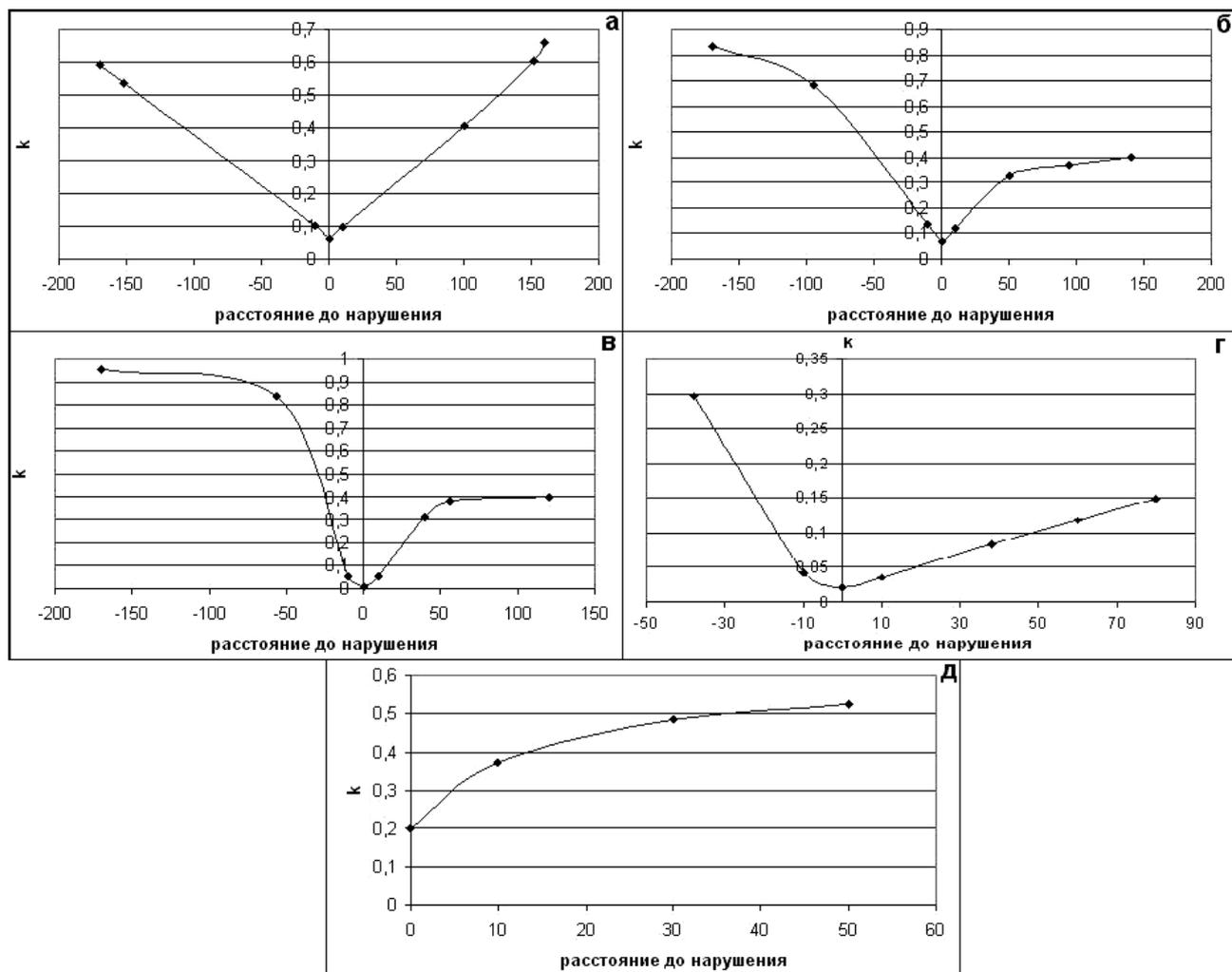


Рис. 4 – Пересечение выработкой нарушения под углом, соответственно: 30°, 50°, 65°, 75°, 90°.

2. Одним из решений вышеприведенной проблемы является применение моделей, основанных на численных методах. Так, на основании метода конечных элементов были созданы численные модели геологического разрывного нарушения – сброса под различными углами (35, 50, 65, 75, 90). Данные модели сбросов были максимально приближены к реальным горнотехническим условиям. При помощи этих моделей возможно с достаточной точностью оценить напряженно-деформированное состояние породного массива (величину максимальных эквивалентных напряжений, размеры зоны неупругих пластических деформаций), то есть иметь возможность исследовать устойчивость выработки подвергшейся влиянию геологического разрывного нарушения.

3. Из анализа, полученных в ходе эксперимента результатов, можно сделать однозначный вывод о потере устойчивости породного массива, окружающего выработку, подвергшегося влиянию дизъюнктива. Это позволяет заранее, до начала проведения выработки, иметь оценку напряженно-деформированного состояния породного массива и в результате чего определить мероприятия по повышению устойчивости проводимой выработки (при-

менение крепи с повышенной несущей способностью, уменьшение шага крепи, тампонаж закрепного пространства и др.) и безопасности проходческих работ (использование предохранительных крепей, регулярный подробный инструктаж, строгий контроль за соблюдением правил безопасности и др.).

4. Также, на основании полученных результатов, можно сделать предварительный вывод о целесообразности проведения выработки, с точки зрения повышения её устойчивости, со стороны висячего бока дизъюнктива. В этом случае требуются менее значительные затраты на мероприятия по повышению устойчивости проводимой выработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник (кадастр) физических свойств горных пород. Под ред. Н. В. Мельникова, В. В. Ржевского, М. М. Протодяконова. М., "Недра", 1975. 279 с.
2. Шашенко А. Н., Пустовойтенко В. П. Механика горных пород: Підручник для ВУЗів. – К.: Новий друк, 2004. – 400 с.
3. Шашенко А. Н., Сдвижкова Е. А., Кужель С. В. Масштабный эффект в горных породах: Монография. – Д.: АРТ-ПРЕСС, 2004. – 132 с.

УДК 622.02:551.345:536.2

Ю.И. Кияшко, д-р техн. наук,
В.В. Круковская, канд. техн. наук,
ИГТМ НАН Украины

К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ТЕПЛОВОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ СЫПУЧЕСТИ СМЕРЗШИХСЯ СРЕД МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Використання методу кінцевих елементів для розв'язання задачі визначення часу розморожування середовищ, які змерзлись, із застосуванням різних засобів розморожування. Як приклад наведені розподіли температурних полів у поперечному перетині залізничного вагону з вугіллям при різних джерелах тепла протягом часу нагрівання.

TO THE PROBLEM OF THERMAL RESTORE OF THE FROZEN ENVIRONMENTS FLOWABILITY BY THE FINITE ELEMENT METHOD

Use of a finite element method for the finding time of frozen environments defrosting. As an example distributions of temperature fields in the cross-section of the railway wagon with coal are resulted at various sources of heat during time of heating.

Восстановление сыпучести грузов, в частности для разгрузки железнодорожных вагонов со смерзшимся углем – весьма трудоемкий процесс. Для этого применяются различные способы: механические, в том числе вибрационные, тепловые, комбинированные. ИГТМ НАН Украины предложил новый способ комбинированного восстановления сыпучести смерзшихся грузов с использованием контактных нагревателей различных конструкций. Нами рассчитано время размораживания смерзшейся угольно-породной массы при использовании традиционного и предлагаемого способов.

Предположим, что рассматриваемое тело изотропно, температурные де-