

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 6, Number 420 (2016), 146 – 153

A. Zh. Seitmuratov¹, I. U. Makhambayeva¹, N. K. Medeubaev²

¹The Korkyt Ata Kyzylorda State University, Kyzylorda, Kazakhstan,

²The E. A. Buketov Karaganda State University, Karaganda, Kazakhstan.

E-mail: angisin_@mail.ru

ANALYSIS OF TENSELY OF THE DEFORMED STATE OF PEDIGREE ARRAY NEAR-BY MAKING

Abstract. To the real work the conducted analysis and review of literary, experimental data are driven that allowed to set that near-by the open making at working mine of useful fossil there is a difficult picture of the tensely-deformed state of pedigree array, resulting in unresilient deformation, destruction and redistribution of tensions. In this connection the aim of work are development and ground of methodology and mathematical model of estimation of the tensely-deformed state of pedigree array near-by making in the conditions of the combined development of deposits, taking into account heterogeneity and unresilient deformations of mountain breeds.

Keywords: matrix of inflexibility, border tensions, array, model.

УДК 622.267(053.3)

А. Ж. Сейтмуратов¹, И. У. Махамбаева¹, Н. К. Медеубаев²

¹Кызылординский государственный университет им. Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан,

²Карагандинский государственный университет им. Букетова, Караганда, Казахстан

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПОРОДНОГО МАССИВА ВБЛИЗИ ВЫРАБОТОК

Аннотация. Приводится анализ и обзор литературных, экспериментальных данных который позволил установить что вблизи открытых выработок при разработке месторождения полезного ископаемого возникает сложная картина напряженно-деформированного состояния породного массива, приводящая к неупругому деформированию, разрушению и перераспределению напряжений. В связи с этим целью работы является разработка и обоснование методики и математической модели оценки напряженно-деформированного состояния породного массива вблизи выработок в условиях комбинированной разработки месторождений, с учетом неоднородности и неупругих деформаций горных пород.

Ключевые слова: матрица жесткости, граничные напряжения, массив, модель.

Сложность конкретных задач горного производства при использовании комбинированного способа разработки месторождений полезных ископаемых, приводит к необходимости применения численных методов и компьютерных технологий. Еще недавно считалось, что процессы происходящие в массиве горных пород при проведении выработок случайны, и проектирование выработок осуществлялось на основе интуиции исполнителя и опыта прошлого строительства. Успехи геомеханики и вычислительной техники изменили представление о проектировании открытых и подземных горных выработок.

Появление качественно новой электронно-вычислительной техники с большими быстродействиями и объемами памяти привели к интенсивному развитию и применению численных методов к решению нужных практических задач геомеханики. Одними из передовых и широко распростра-

ненными численными методами решения линейных задач геомеханики являются метод конечных элементов, а также последнее время интенсивно развивающийся метод граничных элементов.

Метод конечных элементов (МКЭ) представляет собой синтез новейших достижений механики сплошных сред и численных методов математики. Он получил исключительно широкое применение в различных областях физики и техники, главным образом, при анализе напряженно-деформированного состояния. Принципиально новые возможности МКЭ открывает в механике горных пород и грунтов.

Основная идея метода конечных элементов заключается в следующем:

1. Рассматриваемая область разделяется линиями или поверхностями на определенное число конечных элементов;
2. Предполагается, что эти элементы взаимосвязанными в дискретном числе узловых точек, расположенных на их границах, неизвестными являются перемещения узловых точек;
3. В пределах каждого элемента выбираются функции перемещения, однозначно определяющие перемещения внутренних точек каждого элемента через перемещения узловых точек;
4. Функции перемещения однозначно определяют состояние деформации внутри элемента. Эти деформации вместе с упругими свойствами области будут определять напряженное состояние во всем элементе и, следовательно, на его границах;
5. Определяется система сил, сосредоточенных в узлах и уравнивающих граничные напряжения.

Основной операцией МКЭ является формирование матрицы жесткости элемента и полной матрицы жесткости системы. С математической точки зрения МКЭ является одним из вариантов вариационных методов и часто практикуется как метод Релея-Ритца Галеркина. Математический аппарат МКЭ достаточно хорошо разработан для различных форм элементов.

Идея аппроксимации сплошной среды при помощи дискретных элементов принадлежит М. Д. Тернеру с соавторами [24], Р. В. Клафу [17], Д. А. Аргирису [3]. В их работах впервые используется термин “конечные элементы”, дается матричная формулировка и доказательство основных свойств конечных элементов. Большой вклад в развитие МКЭ применительно к геотехническим проблемам внесли авторы [1, 10, 11, 13, 14, 20] и другие. Современная литература по МКЭ чрезвычайно обширна и буквально каждое ежемесячное поступление литературы в научно-технические библиотеки приносит новые сведения в этой области. Приблизительно каждая третья статья в геотехнических журналах связана с МКЭ, издается специальный международный журнал по численным методам в геомеханике, в последние годы вышли ряд монографий. В публикациях обычно излагается теоретическая сторона метода, мало приводится новые разработки и решения конкретных задач.

МКЭ используется в геомеханике уже более тридцати лет. Разработаны методы решения линейных и нелинейных задач, при этом большой интерес представляют реализация нелинейных моделей сред. В литературе известны модели “No Tension” среды и “слоистой среды” предложенные О. К. Зенкевичем и соавторами [25, 26], модель хрупкой среды “Brittle rock” описанная в работе С. Барла [15], модель “Bi-linear” среды Р. В. Клафа [17], модель “Идеально-упругой пластической” среды С. Ф. Рейса, Д. У. Дири [22], “Функционально-заданная” модель среды, С. У. Ченга, Г. М. Данкана [16] и модель “контакт-элементы” Р. Е. Гудмана, Р. Л. Тейлора, Т. Л. Брейка [20].

В работе А. Б. Фадеева [13] обобщены работы в области решения нелинейных задач механики сыпучих тел, грунтов и горных пород. Приведены основные решения нелинейных задач методом конечных элементов, а также даны описания моделей сред “Cap-models”, дискретных элементов “Cundalla” и другие.

Для получения решений нелинейных задач в МКЭ используются следующие процедуры: нелинейная упругость с секущей матрицей, нелинейная упругость с касательной матрицей, метод начальных напряжений и метод начальных деформаций.

В работе [17] рассматривается модель билинейной среды. Предполагается, что после достижения напряжениями критического значения, связь между приращениями напряжений и деформаций определяются пониженным модулем упругости и коэффициентом Пуассона.

В работе [18] с использованием билинейной среды рассматривается процесс выхода откоса уступа недренированных глин в предельное состояние. Задача решалась с использованием инкрементной процедуры и показано развитие зоны предельного состояния. Отмечается, что зоны могут зарождаться даже тогда, когда коэффициент запаса 4 или 5.

Описание функционально заданной модели имеются в работе [16]. Зависимости между напряжениями и деформациями аппроксимируются функциями гиперболического вида. При этом касательные модули функций выражаются как функции характеристик массива и действующих напряжений. В каждом шаге решения модули элементов уточняются в соответствии с полученными напряжениями. В качестве примера рассматривается напряженно-деформированное состояние бортов и дна карьера.

В работе [26] предложена модель слоистой среды. Решение задачи выполняется итерационной процедурой начальных напряжений. Среда рассматривается как упругая до тех пор, пока касательные – напряжение τ_c в плоскости контакта меньше критической величины τ/τ' , т. е. $\tau_c < \tau/\tau'$, где $|\tau| = C_c + \sigma_c \operatorname{tg} \varphi_c$; C_c - сцепление, φ_c - угол внутреннего трения; σ_c - нормальное напряжение на контакте слоев. Если после очередного шага итерации $\tau_c > \tau/\tau'$, то перед шагом итерации к элементу, где выполняется это условие, прикладываются начальные, снижающие величину τ_c до значения τ/τ' .

Эффективно используемая для решения задачи геомеханики в слоистой и блочной среде модель контакт-элементы описаны в работе [20]. Решается задача “о нагружении вертикальным давлением массива блочной структуры с выработкой трапециевидной формы”, в работе [23].

Модель среды, не терпящая растягивающих напряжений, рассматривается в работе [25]. Модель реализуется с использованием процедуры начальных напряжений [26]. По упругому решению находятся главные напряжения σ_1 и σ_2 , если они растягивающие, то в виде начальных напряжений они прикладываются к элементу перед следующим шагом итерации. В работе [27] решается задача о распределении напряжений вблизи подземной электростанции. Результаты показывают, что под действием растягивающих напряжений появляются зоны разрывных трещин.

Процедура решения задач в идеальной упруго-пластической Кулоновской среде на основе ассоциированного закона течения разработана в работе [22]. В качестве условия текучести использовано условие Друкера-Прагера [19]:

$$\alpha J_1 + \sqrt{J_2} - k = 0, (1)$$

где J_1 и J_2 - первый и второй инвариант тензора напряжений; α и k - постоянные.

В качестве примера исследовалось напряженное состояние массива вокруг горизонтальной цилиндрической выработки.

Решение задачи о пластических зонах вокруг туннеля, возникающих за счет концентрации напряжений в результате выемки грунта исследована в работе [11].

Модель хрупкой среды дана в работе [15]. В модели предполагается, что при увеличении напряжений после упругого этапа деформирования начинается процесс образования микро и макротрещин, которые приводят к полному разрушению элемента. Для определения начала разрушения применяется теория Гриффитса.

В последнее время число работ по МКЭ стремительно увеличивается и исследования ведутся по таким направлениям, как переход к вариантам повышенной точности и надежности, введение специальных элементов и приемов для особых точек, решения сложных нелинейных задач, расширение на все новые и смежные области приложений, а также комбинирование с другими методами.

Существенное влияние на проявление горного давления при отработке полезных ископаемых оказывают элементы геомеханической структуры:

1) глубина залегания месторождения; 2) морфология тел; 3) угол падения залежи; 4) механические свойства полезного ископаемого и вмещающих пород; 5) мощность полезного ископаемого; 6) трещиноватость и тектоническая нарушенность массива; 7) наличие различных магматических тел; 8) естественное напряженное состояние породного массива.

В связи с многообразием проявлений перечисленных элементов геомеханической структуры их трудно связать между собой в единую модель. Поэтому целесообразно выделить некоторые условия отдельно и попытаться найти между ними количественные и качественные связи, чтобы использовать их для обобщенной геомеханической оценки месторождения. Это позволит создать обобщенную геомеханическую модель породного массива.

Важнейшей геомеханической характеристикой породного массива является его естественное напряженное состояние. Этому вопросу за последние 30 лет уделяется большое внимание. Первые соображения о существовании в массивах пород на больших глубинах естественных напряжений высказывались еще давным-давно. В работе Ф. Райха [28] и А. Гейма [21] утверждалось, что горизонтальные напряжения в массивах должны иметь тот же порядок, что и вертикальные, а вертикальные в свою очередь являются функцией глубины залегания горных пород:

$$\begin{aligned}\sigma_y &= \gamma H; \\ \sigma_x &= \sigma_z = \sigma_y,\end{aligned}\quad (2)$$

где σ_y - нормальное вертикальное напряжение; σ_x, σ_z - нормальные горизонтальные напряжения; γ - объемный вес пород; H - глубина дневной поверхности.

Затем Ф. Ю. Левинсон-Лессинг в 1915 году в работе [12] утверждал, что на больших глубинах горизонтальные напряжения могут быть и выше вертикальных. Однако, они начали получать признание в широких кругах недавно.

В двадцатых годах текущего столетия А. М. Динник [9] выдвинул гипотезу о том, что в общем случае массив может быть представлен однородной упругой изотропной средой, тогда между вертикальными и горизонтальными напряжениями есть соотношение

$$\begin{aligned}\sigma_y &= \gamma H \\ \sigma_x &= \sigma_z = \mu \sigma_y \\ \mu &= \frac{\nu}{1 - \nu}\end{aligned}\quad (3)$$

где ν - коэффициент Пуассона; μ - коэффициент бокового распора.

В формуле (3) если принять $\nu = 0.5$, то гипотезы Гейма-Райха и Динника совпадут.

Главные недостатки рассматриваемых моделей по нашему мнению состоят в том, что они не учитывают следующих принципиальных важных факторов: существенной структурной и геомеханической неоднородности реальных массивов; определяющего влияния геомеханических следствий тектоно-магматической истории массива и действия тектонических сил; времени формирования поля напряжений в массиве.

Для определения напряжений в массивах горных пород на рудниках Средней Азии и Казахстана методом разгрузки были проведены измерения [2]. Анализируя полученные результаты, отметим следующие особенности распределения горизонтальных напряжений в породных массивах горноскладчатых областей. Во-первых, горизонтальные напряжения по своим значениям превосходят вертикальные, во-вторых, на равных глубинах от дневной поверхности в крепких породах горизонтальные напряжения имеют более высокие значения, чем в относительно слабых, в-третьих, вертикальные напряжения в среднем близки к значению γH независимо от прочности горной породы т. е.

$$\sigma_y = \int_0^H \gamma_n(y) dy \quad (4)$$

Нельзя также не заметить, что σ_x и σ_z в породных массивах месторождений, расположенных друг от друга на больших расстояниях (сотни и тысячи километров) в пределах Средней Азии и Юго-Восточного Казахстана, на равных глубинах и в породах, близких по прочности, лишь незначительно отличаются.

По уровню естественной напряженности горных пород в зависимости от их деформационных и прочностных свойств можно выделить две группы пород: 1) крепкие с модулем упругости

$E > (6 \div 7) 10^4$ МПа и прочностью образцов на одноосное сжатие $\sigma_{сж} > (1 \div 1.2) 10^2$ МПа, 2) средней прочности $E < (3 \div 6) 10^4$ МПа, $\sigma_{сж} = (0.5 \div 1) 10^2$ МПа.

Статистическая обработка данных [2] позволила получить уравнения регрессии в виде:

$$\sigma = a\gamma H + b, \quad (5)$$

где a и b – постоянные.

Формула (5) в общем виде характеризует изменение средних значений главных нормальных напряжений с глубиной.

В явном виде формула $f(t) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\alpha-i\infty}^{\alpha+i\infty} F(p) \exp(pt) dp$, для нашего случая имеет следующий

вид (напряжения, МПа):

для крепких пород (I группа)

$$\begin{aligned} \sigma_x &= 5.0 + 1.86 \gamma H \\ \sigma_z &= 4.5 + 1.12 \gamma H \\ \sigma_x + \sigma_z &= 9.5 + 2.98 \gamma H; \end{aligned} \quad (6)$$

для массивов средней прочности (II группа)

$$\begin{aligned} \sigma_x &= 3.0 + 1.14 \gamma H; \\ \sigma_z &= 2.0 + \gamma H; \\ \sigma_x + \sigma_z &= 5.0 + 2.14 \gamma H; \end{aligned} \quad (7)$$

где $\gamma = 27 \text{ кН/м}^3$ – объемный вес.

Сопоставление расчетных данных полученных по формулам (6), (7) и данными собранных по отечественным и зарубежным литературным источникам [2], позволяет сделать вывод о достаточно высокой надежности приведенных уравнений (коэффициент корреляции $r = 0.92$, надежность r равно 9.3). Массив горных пород до ведения в нем горных работ содержит в себе все 8- элементов геомеханической структуры перечисленные выше. В этом случае общая зависимости исходного поля напряжений и деформаций определяются соотношениями:

$$\begin{aligned} \sigma_{ij}^{\theta} &= G_{ij}(X, Y, Z, P, T, \Gamma, \Phi) \\ \varepsilon_{ij}^{\theta} &= F_{ij}(X, Y, Z, P, T, \Gamma, \Phi) \end{aligned} \quad (8)$$

где $\sigma_{ij}^{\theta}, \varepsilon_{ij}^{\theta}$ - компоненты тензоров напряжений и деформаций; индексы i, j принимают в трехмерной системе координат значения X, Y, Z или $1, 2, 3$ во всех возможных их комбинациях; X, Y, Z - пространственные координаты точек массива; P и T гравитационные и тектонические силы; Γ - геолого-структурные факторы и Φ - физико-механические свойства пород. В процессе образования в массиве открытых или подземных горных выработок исходное напряженно-деформированное состояние нарушается, при этом компоненты тензора новых напряжений и деформаций в любой точке массива можно представить в виде:

$$\begin{aligned} \sigma_{ij} &= \sigma_{ij}^{\theta} + \sigma_{ij}^{\partial} \\ \varepsilon_{ij} &= \varepsilon_{ij}^{\theta} + \varepsilon_{ij}^{\partial} \end{aligned} \quad (9)$$

где $\sigma_{ij}^{\partial}, \varepsilon_{ij}^{\partial}$ - дополнительные компоненты тензоров обусловленные проведением выработки.

Для определения компонент тензоров используются общие соотношения:

$$\begin{aligned} \tau &= Q(\sigma_{ij}) \\ \sigma_{ij} &= M(\varepsilon_{ij}) \end{aligned} \quad (10)$$

где Q – функция текучести; M – функция описывающая связь между σ_{ij} и ε_{ij} на запредельных участках.

Формулой (10) подразумевается математическое описание породного массива в виде соответствующих физических уравнений, включающих в себя деформационные и прочностные свойства массива.

Проведенный анализ и обзор литературных, экспериментальных данных позволил установить что вблизи открытых выработок при разработке месторождения полезного ископаемого возникает сложная картина напряженно-деформированного состояния породного массива, приводящая к неупругому деформированию, разрушению и перераспределению напряжений. В связи с этим целью работы является разработка и обосновании методики и математической модели оценки напряженно-деформированного состояния породного массива вблизи выработок в условиях комбинированной разработки месторождений, с учетом неоднородности и неупругих деформаций горных пород.

Для достижения поставленной цели требовалось решить следующие основные задачи:

1. Анализ особенностей экспериментальных диаграмм неупругого деформирования горных пород, обобщение результатов научных и практических исследований по оценке напряженно-деформированного состояние горного массива при комбинированном способе разработки месторождения полезных ископаемых;

2. Разработка расчетной математической модели среди методики, позволяющей учитывать в процессе ведения горных работ многократное возмущение напряженно-деформированного состояния пород одних и тех же участков массива, открытыми и подземными выработками;

3. Разработка численных процедур, алгоритмов и программ, реализующих расчетные модели на основе метода конечных элементов;

4. Получения решения практических задач геомеханики при разработке месторождений полезных ископаемых комбинированным способом. Выявление основных закономерностей взаимодействия открытых и подземных горных выработок – предельных зон влияния карьера и подземных камер, минимальных потолочин при которой образуется провал и др. Анализ результатов и выводы.

Последовательное решение поставленных задач определяет структуру этой работы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Абдылдаев Э.К. Напряженно-деформированное состояние массива горных пород вблизи выработок. – Фрунзе: Илим, 1990. – 164 с.
- [2] Айтматов И.Т. Геомеханика рудных месторождений Средний Азии. – Фрунзе: Илим, 1987. – 246 с.
- [3] Аргирис Дж. Современные достижения в методах расчета конструкций с применением матриц. – М.: Госстройиздат, 1968. – 240 с.
- [4] Баклашов И.В. Деформирование и разрушение породных массивов. – М.: Недра, 1988. 271 с.
- [5] Варюжский Ю.В. Применение метода потенциала для решения задач теории упругости. – Киев: Киевского инж.-строит. инст., 1975.
- [6] Вовк А.А., Черный Г.И. Разработка – месторождений полезных ископаемых комбинированным способом. – Киев: Наукова думка, 1965.
- [7] Галустьян Э.Л. Управление геомеханическими процессами в карьерах. – М.: Недра, 1980. – 237 с.
- [8] Глушко В.Т., Широков А.З. Механика горных пород и охрана выработок. – Киев: Наукова думка, 1967. 154 с.
- [9] Динник А.Н. О давлении горных пород и расчет крепи круглой шахты // Инженерный работник. – 1925. – № 7. – С. 1-10.
- [10] Ержанов Ж.С., Каримбаев Т.Д. Метод конечных элементов в задачах механики горных пород. – Алма-Ата: Наука, 1957. 238 с.
- [11] Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир, 1975. – 542 с.
- [12] Сейтмуратов А.Ж. Метод декомпозиции в теории колебания двухслойной пластинки в строительных конструкциях // ПГС. – М., 2006. – № 3. – С. 31-32.
- [13] Сейтмуратов А.Ж. Определение частоты собственных колебаний пластинки // Вестник КазНУ. Серия математика, механика, информатика. – 2010. – № 4(67).
- [14] Сейтмуратов А.Ж., Умбетов У.У. С28. Моделирование и прогнозирование динамики многокомпонентной деформируемой среды. Монография. – Кызылорда-Тараз: КГУ им. Коркыт-ата, ТарГУ им. Дулати, 2014. – 232 с.
- [15] Barla G. A method for the analysis of stress in brittle rock // Int. J. Rock Mech. Min. Sci. – 1969. – Vol. 9, N 1. – P. 87-102.
- [16] Ghang G. Y., Duncan J.M. Analysis of soil movement around a deep excavation // Proc. ASCE. – 1970. – Vol. 96, N 5. P. 1655-1681.
- [17] Glough P.W. The finite element method in structural mechanics. – Ch. 7 in: Stress Analysis. Ed. O.C. Zienkiewicz and G.S. – Holister. Wiley, 1965. – 420 p.
- [18] Dunlop P., Duncan J.M. Development of failure around excavated slopes // Proc ASCE. – 1970. – Vol. 96, N SM2. – P. 471-493.
- [19] Drucker D.C., Pragger W. Soil mechanics and plastic analysis of limit design // Quart. of Appl. Math. – 1952. – Vol. 10, N 2. – P. 157-165.

- [20] Goodman R.E., Toyler R.L., Brekke T.L. A Model for the mechanics of jointed rock // Proc ASCE. – 1968. – Vol. 94, N SM3. – P. 32. 637-659.
- [21] Heim A. Mechanismus der ctebirgsbildung. – Bale, 1878.
- [22] Reyes S.F., Deere D.U. Elastic-Plastic analysis of underground openings by the finite element method // Proc, 1st Congr. Int. Soc. Rock Mech. – Lisboa, 1966. – Vol. 2. – P. 477-481.
- [23] Trollope D.H. The stability of trapezoidal openings in rock masses // Felsmechanik und Ingenieurgeologie. – 1966. – Vol. 4, N 3.
- [24] Turner M.J., Clough R.W., Martun H.C., Topp L.J. Stiffness and deflection analysis of complex structures // J. Aero. Sci. – 1965. – Vol. 23. – P. 805-823.
- [25] Сейтмуратов А.Ж., Махамбаева И.У. Определение зоны взаимодействия карьера с подземными камерами в условиях плоской деформации // Вестник Академии наук РК. Серия физико-математический. 2014. – № 1. – С. 111-109.
- [26] Сейтмуратов А.Ж., Махамбаева И.У. Методика расчета напряженно-деформированного состояния горного массива вокруг открытых и подземных выработок // НАУКА И МИР Международный научный журнал. – 2014. – № 3(7). – Т. 1. – ISSN 2308-4804, ИФ-0.325. – С. 200-208.
- [27] Сейтмуратов А.Ж., Умбетов У.У., Махамбаева И.У. MASS Stress-Strain State with the Workings Interaction // World Applied Sciences Journal 32 (1): 116-122, 2014. ISSN 1818-4952. IDOSI Publications, 2014. DOI: 10.5829/idosi.wasj.2014.32.01.14510.
- [28] Сейтмуратов А.Ж., Махамбаева И.У. Определения зоны взаимодействия карьера с подземными камерами // Материалы IV междунар. научной конф. «Актуальные проблемы механики и машиностроения» 19–20 июня Алматы 2014 г. – Т. II. – С. 83-90.
- [29] <http://www.korkyt.kz/>

REFERENCES

- [1] Abdyldaev E.K. Tensely-deformed state of array of mountain breeds near-by making. Frunze: Ilim, 1990. 164 p.
- [2] Aitmatov I.T. Geomechanics of ore deposits Middle Asia. Frunze: Ilim, 1987. 246 p.
- [3] Argiris Dj. Modern of achievement in the methods of calculation of constructions with the use of matrices. M.: State publishing house, 1968. 240 p.
- [4] Baklashov I.B. Deformation and destruction of pedigree arrays. M.: Bowels of the earth, 1988. 271 p.
- [5] Barujzcki U.B. Application of method of potential for the decision of tasks of theory of resiliency. Kyiv: of Kyiv engineer-building Institute, 1975.
- [6] Vovk A.A., Black G.I. Development - deposits useful minerals combined by a method. Kyiv: Naykova dumka, 1965.
- [7] Galustian E.L. Management by geomechanical processes in careers. M.: Bowels of the earth, 1980. 237 p.
- [8] Glyhko B.T., Shirokov A.Z. Mechanics of mountain breeds and guard of making. Kyiv: Naykova dumka, 1967. 154 p.
- [9] Dinnik A.N. About pressure of mountain breeds and calculation of round mine // Engineer worker. 1925. N 7. P. 1-10.
- [10] Erjanov Dj.S., Karimbaev T.D. Method of eventual elements in the tasks of mechanics mountain breeds. Alma-Ata: Science, 1957. 238 p.
- [11] Zenkevith O. Method of eventual elements in the technique. -M.: World, 1975.- 542 with.
- [12] Seitmuratov A.Zh. Method of decoupling in the theory of oscillation of double-layer plate in the building constructions. M., 2006. N 3. P. 31-32.
- [13] Seitmuratov A.Zh. Determination of frequency of eigentones of plate Announcer Treasury, series of mathematician, mechanic, informatics. 2010. N 4(67).
- [14] Seitmuratov A.Zh., Umbetov U.U. C28. Design and prognostication of dynamics of the multicomponent deformed environment. Monografia: The Korkyt Ata Kyzylorda State University, Taraz State University Named After M. Kh. Dulaty, Taraz, 2014. 232 p.
- [15] Barla G. A method for the analysis of stress in brittle rock // Int. J. Rock Mech. Min. Sci. 1969. Vol. 9, N 1. P. 87-102.
- [16] Ghang G.Y., Duncan J.M. Analysis of soil movement around a deep excavation // Proc. ASCE. 1970. Vol. 96, N 5. P. 1655-1681.
- [17] Glough P.W. The finite element method in structural mechanics. Ch. 7 in: Stress Analysis. Ed. O.C. Zienkiewicz and G.S. Holister. wiley, 1965. 420 p.
- [18] Dunlop P., Duncan J.M. Development of failure around excavated slopes Pros ASCE. 1970. Vol. 96, N SM2. P. 471-493.
- [19] Drucker D.C., Pragger W. Soil mechanics and plastic analysis of limit desing. Quart. of Appl. Math. 1952. Vol. 10, N 2. P. 157-165.
- [20] Goodman R.E., Toyler R.L., Brekke T.L. A Model for the mechanics of jointed rock. Proc ASCE. 1968. Vol. 94, N SM3. P. 32. 637-659.
- [21] Heim A. Mechanismus der ctebirgsbildung. Bale, 1878.
- [22] Reyes S.F., Deere D.U. Elastic-Plastic analysis of underground openings by the finite element method. Proc, 1st Congr. Int. Soc. Rock Mech. Lisboa, 1966. Vol. 2. P. 477-481.
- [23] Trollope D.H. The stability of trapezoidal openings in rock masses // Felsmechanik und Ingenieurgeologie. 1966. Vol. 4, N 3.
- [24] Turner M.J., Clough R.W., Martun H.C., Topp L.J. Stiffness and deflection analysis of complex structures // J. Aero. Sci. 1965. Vol. 23. P. 805-823.
- [25] Seitmuratov A.Zh., Makhambayeva I.U. Determination of zone of cooperation of quarry with underground chambers in the conditions of flat deformation // Announcer of Academy of sciences of RK Series of physics- mathematical. 2014. N 1. P. 111-109.

[26] Seitmuratov A.Zh., Makhambayeva I.U. Methodology of calculation of the tensely-deformed state of mountain range round the open and underground making // SCIENCE And WORLD the International scientific magazine. 2014. № 3(7). Vol. 1. ISSN 2308-4804, IF- 0.325. P. 200-208.

[27] Seitmuratov A.Zh., Umbetov U.U., Makhambayeva I.U. MASS Stress - Strain State with the Workings Interaction // World Applied Sciences Journal. 2014. N 32(1). P. 116-122. ISSN 1818-4952. IDOSI Publications, 2014. DOI: 10.5829/idosi.wasj.2014.32.01.14510.

[28] Seitmuratov A.Zh., Makhambayeva I.U. Determinations of zone of cooperation of quarry with underground chambers // Materials of IV of international scientific conference "issues of the day of mechanics and engineer" of June, 19-20 Almaty 2014. Vol. II. P. 83-90.

[29] <http://www.korkyt.kz/>

А. Ж. Сейтмұратов¹, И. Ө. Махамбаева¹, Н. К. Медеубаев²

¹Қорқыт ата атындағы Қызылорда мемлекеттік университеті, Қызылорда, Қазақстан,

²Бөкетов атындағы Қарағанды мемлекеттік университеті, Қарағанды, Қазақстан

МАССИВТИҢ ҚАЗБА МАҢЫНДАҒЫ КЕРНЕУЛІ-ДЕФОРМАЦИЯЛАНҒАН КҮЙІН ТАЛДАУ

Аннотация. Жұмыста пайдалы қазбалардың кен орнын игеру кезіндегі туындайтын массивтің кернеулі-деформацияланған күйі иілмейтін, бұзылмайтын және қайта бөлістірілмейтін кернеуге әкеліп соғатын күрделі көріністің эксперименттік деректер арқылы талдауы және әдеби шолуы келтіріледі. Осыған байланысты жұмыстың мақсаты массивтің кернеулі-деформацияланған күйін жақын қазбалар жағдайында аралас кен орындарының өңделуі кезінде біртекті емес және иілмейтін тау жыныстарының деформациясын математикалық модель арқылы бағалау және әдістемесін негіздеу болып табылады.

Түйін сөздер: матрица қаттылығы, шекаралық кернеу, массив, модель.

Сведения об авторах:

Сейтмуратов Анғысын Жасаралович – д. ф.-м. н., профессор кафедры «Физика и математика».

Махамбаева Индира Утепбергеновна – к. ф.-м. н., старший преподаватель кафедры «Вычислительная техника и информационные системы» КГУ им. Кorkyt Aта.

Медеубаев Нурболат Қуттымұратович – старший преподаватель кафедры «Алгебра, мат. логика и геометрия» КарГУ им. Букетова.