

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»
Администрация Правительства Кузбасса
Администрация г. Новокузнецка
Институт проблем управления им. Трапезникова РАН
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН
АНО «Научно-образовательный центр «Кузбасс»**

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
(в образовании, науке и производстве)
AS' 2022**

**ТРУДЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО–ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ
(с международным участием)**

15-16 декабря 2022 г.

**Новокузнецк
2022**

УДК 658.011.56
С 409

Редакционная коллегия:

д.т.н., проф. В.В. Зимин (ответственный редактор),
д.т.н., проф. С.М. Кулаков, д.т.н., проф. В.Ю. Островляничик,
д.т.н., проф. Л.Д. Павлова, д.т.н., доц. И.А. Рыбенко,
к.т.н., доц. В.И. Кожемяченко (технический редактор).

С 409 Системы автоматизации (в образовании, науке и производстве) AS'2022: труды Всероссийской научно–практической конференции (с международным участием), 15-16 декабря 2022 г. / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Сибирский государственный индустриальный университет ; под общ. ред. В.В. Зимина. – Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ, 2022. – 632 с.

ISBN 978-5-7806-0583-6

Труды конференции посвящены научным и практическим вопросам в области современных систем автоматизации и информатизации учебных, исследовательских и производственных процессов. Представлены результаты исследования, разработки и внедрения методического, математического, программного, технического и организационного обеспечения систем автоматизации и информационно-управляющих систем в различных сферах деятельности.

Сборник трудов ориентирован на широкий круг исследователей, научных работников, инженерно-технический персонал предприятий и научно-исследовательских лабораторий, преподавателей вузов, аспирантов и обучающихся по программам бакалавриата и магистратуры.

УДК 658.011.56

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2022

тем увеличения скорости охлаждения расчетной ячейки или же путем создания деформации растяжения. Сжатие же расчетной ячейки позволяет вообще избежать процесса порообразования.

Библиографический список

1. Исследование влияния лазерной абляции на строение ОЦК-кристалла при помощи молекулярно-динамического моделирования / Гостевская А.Н., Маркидонов А.В., Громов В.Е., Старостенков М.Д., Лубяной Д.А. // Известия Алтайского государственного университета. – 2022. – № 4(126). – С. 18-23. – DOI 10.14258/izvasu(2022)4-02.
2. Моделирование структурных изменений поверхностного слоя ОЦК-металла при кратковременном высокоэнергетическом внешнем воздействии методом молекулярной динамики / Маркидонов А.В., Старостенков М.Д., Гостевская А.Н., Лубяной Д.А., Захаров П.В. // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2022. – № 5(803). – С. 18-23. – DOI 10.30906/mitom.2022.5.18-23. – EDN ZDALIX.
3. Kuo J.-K., Huang P.-H., Chien S.-K., Huang K.-Y., Chen K.-T. Molecular dynamics simulations of crater formation induced by laser ablation on the surface of α -Fe substrate // MATEC Web of Conferences. 2018. V.167. 03011 (6 pp).
4. Gong X.-F., Yang G.-X., Li P., Wang Y., Ning X.-J. Molecular dynamics simulation of pulsed laser ablation // International Journal of Modern Physics B. 2011. V.25. No.4. P. 543-550.
5. Cheng C., Wu A.Q., Xu X. Molecular dynamics simulation of ultrafast laser ablation of fused silica // Journal of Physics: Conference Series. 2007. V.59. P.100-104.
6. Atanasov, P.A. Effect of ionization on laser-induced plume self-similar [Text] / P. A. Atanasov, N. N. Nedialkov, S. E. Imamova, A. Ruf, H. Hugel, F. Dausinger and P. Berger // Appl. Surf. Sci. 186.– 2002.– 4595–4599 p.
7. Stukowski A. Visualization and analysis of atomistic simulation data with OVITO – the Open Visualization Tool // Modelling and Simulation Materials Science and Engineering. 2010. V.18. 015012.

УДК 622.831

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕДРАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ПОД ВЛИЯНИЕМ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ГЕОМАССИВ В ОКРЕСТНОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК И УГОЛЬНЫХ ЦЕЛИКОВ

Павлова Л.Д., Фрянов В.Н.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия, ld_pavlova@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследований, направленных на выявление по результатам численного моделирования количественных зависимостей параметров разрушения горных пород от микросейсмических событий. Разработанный алгоритм оценки влияния сейсмических волн на изменения геомеханических параметров геомассива рекомендуется использовать для определения рисков возникновения опасных производственных ситуаций.

Ключевые слова: вертикальные напряжения, вычислительный эксперимент, геомассив, микросейсмическое событие, моделирование, сейсмическая волна.

Abstract. The article presents the results of studies aimed at identifying quantitative dependences of rock destruction parameters on microseismic events based on the results of numerical modeling. The developed algorithm for assessing the impact of seismic waves on changes in the geomechanical parameters of the geomassiv is recommended to be used to determine the risks of hazardous production situations.

Keywords: vertical stresses, computational experiment, geomassiv, microseismic event, modeling, seismic wave.

Введение

В условиях Кузбасса вследствие высокой концентрации и взаимного влияния действующих и ликвидированных открытых и подземных выработок происходит взаимодействие объектов и процессов угольных разрезов и шахт. В пределах горных отводов этих предприятий при ведении горных работ и производстве массовых техногенных взрывов периодически возникают микросейсмические события. Ситуация усложняется наличием природного геотектонического поля напряжений, под влиянием которого происходят микросейсмические события с интенсивностью 3–4 балла.

Периодическое воздействие микросейсмических природных и техногенных волн приводит к изменению энергии упругого деформирования породного массива, повышению его трещиноватости и накоплению повреждаемости. Качественное влияние микросейсмических событий на повреждаемость горных пород известно давно, однако количественные зависимости параметров разрушения горных пород от интенсивности и сейсмичности установлены лишь для отдельных регионов. Для условий Кузбасса отсутствие таких закономерностей и зависимостей приводит к спорадическому разрушению угольных целиков, подземных горных выработок, бортов карьеров, что влияет не только на производительность горнодобывающих предприятий, но и на промышленную, экологическую и социальную безопасность. В этой связи проведение исследований для выявления закономерностей воздействия на геомассив природных и техногенных микросейсмических событий, многоциклового усталости горных пород с целью прогноза и профилактики опасных производственных и социальных ситуаций, является актуальной научно-практической задачей.

Объект и методы исследования

В качестве объекта исследований принят массив горных пород в виде свиты угольных пластов, подверженных влиянию природных и техногенных микроземлетрясений, в пределах расположенных рядом горных отводов угольной шахты и разреза Ерунаковского месторождения Кузбасса. Угольный разрез отрабатывает верхнюю свиту угольных пластов, а шахта нижнюю свиту.

Исследования проводились на математической модели массива горных пород, сформулированной в виде краевой задачи на основе дифференциальных уравнений механики сплошной среды, энергетической теории разрушения горных пород, волновой теории распространения упругих волн. Граничные условия: внизу модели вертикальные смещения приняты равными нулю, верхняя часть на земной поверхности свободна от нагрузок, по бокам вертикальные напряжения равны весу горных пород, горизонтальные смещения периодически изменялись при воздействии сейсмических волн [1].

Расчетная схема составлена с учетом горно-геологического строения геомассива и пространственно-временной динамики движения системы очистных и подготовительных выработок. Глубина подземных горных выработок до 600 м, угольные пласты средней мощности. Породы кровли и почвы пластов представлены слоями алевролитов, аргиллитов и песчаников мощностью от 0,5 до 7 м с пределом прочности при сжатии 30–80 МПа. Горизонтальная длина двумерной расчетной модели массива горных пород на вертикальном разрезе принята 1000 м, высота – 700 м.

Система дифференциальных уравнений решается методом конечных элементов с использованием авторского комплекса программ [2, 3]. Для оценки адекватности математической модели использованы результаты мониторинга сейсмической активности Алтае-Саянского филиала ФИЦ ЕГС РАН [4, 5].

Обсуждение результатов исследования

Согласно программе исследований рассматривались два основных состояния геомассива: без воздействия и при воздействии на геомассив и горные выработки сейсмических волн. При проведении вычислительных экспериментов рассмотрено несколько вариантов расположения очистных и подготовительных выработок, угольных целиков в отрабатываемом пласте. По результатам численного моделирования в каждом конечном эле-

менте в зоне влияния подземных выработок получены следующие геомеханические параметры: вертикальные и горизонтальные смещения и деформации, полный вектор нормальных и касательных напряжений, отношение остаточной прочности угля и пород к исходной, удельная энергия формоизменения под влиянием напряжений и деформаций.

Наиболее представительные фрагменты результатов численного моделирования представлены на рисунках в виде расположения подземных выработок и изолиний распределения основных геомеханических параметров. На рисунке 1 показаны изолинии распределения вертикальных напряжений в окрестности очистного выработанного пространства выемочного столба 48-6 и угольного целика шириной 40 м между выработанным пространством и вентиляционным штреком 48-7. Положительные вертикальные напряжения соответствуют сжатию пород, а отрицательные – растяжению.

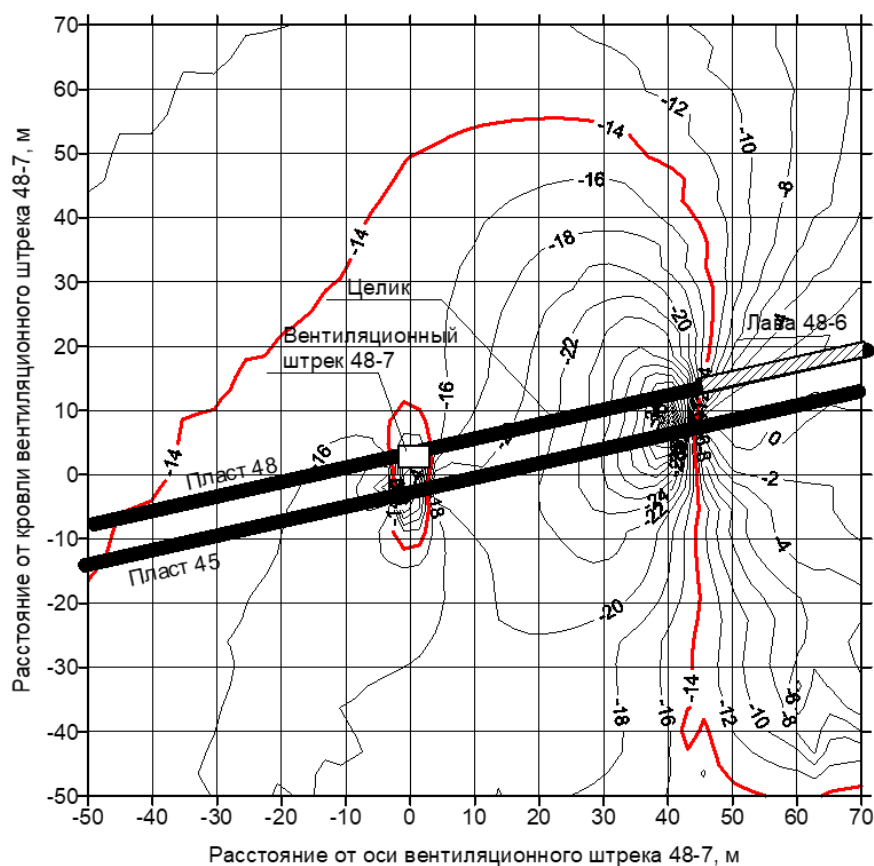


Рисунок 1 – Распределение вертикальных напряжений (МПа) в массиве горных пород между вентиляционным штреком 48-7 и очистным выработанным пространством выемочного столба 48-6 до прохождения сейсмической волны

По результатам вычислительных экспериментов выявлены следующие закономерности:

- в угольном целике и в кровле пласта на высоту до 50 м вертикальные напряжения превышают в 2-4 раза напряжения в нетронутом массиве;
- в краевой части целика у очистного выработанного пространства напряжения достигают 40 МПа, что в несколько раз превышает прочность угля, то есть на этом участке угольный пласт будет разрушен;
- угольный целик является штампом для пород почвы отрабатываемого пласта, это может привести к разрушению нижнего надрабатываемого пласта 45;
- в окрестности вентиляционного штрека 48-7 формируется зона разгрузки с высотой свода в кровле до 11 м, что соответствует двойной ширине выработки; в породах почвы штрека возможно пучение пород;

– ширина зоны опорного горного давления ниже вентиляционного штрека 48-7 достигает 47м.

При численном моделировании геомеханических процессов под влиянием микро-сейсмических воздействий на геомассив в окрестности подземных горных выработок и угольных целиков учтено, что в горнодобывающих регионах наиболее часто проявляются слабые сейсмические события с излучением сейсмической энергии не более $5 \cdot 10^{-7}$ Дж [4]. Причиной слабых сейсмических событий могут быть подвижки пород по существующим разломам с образованием зоны трещин, производство взрывов на соседних карьерах, зависания и динамические обрушения пород основной кровли, горные удары, изменения уровня воды и другие техногенные воздействия на массив горных пород. Такого типа сейсмические события фиксируются в горнодобывающих районах, в том числе в Кузбассе [5, 6].

Для моделирования влияния сейсмических волн на параметры напряженно-деформированного состояния геомассива принята синусоидальная форма функции колебания точек [7, 8]:

$$\delta = A \sin \left(2\pi \frac{x}{l} + \varphi_0 \right), \quad (1)$$

где δ – колебания точки в геомассиве под влиянием сейсмической волны, м;
 A – максимальная амплитуда колебания точки, м;
 l – длина волны, м;
 x – координата, м;
 φ_0 – фаза.

На рисунке 2 показано изменение вертикальных напряжений при прохождении сейсмической волны в массиве горных пород.

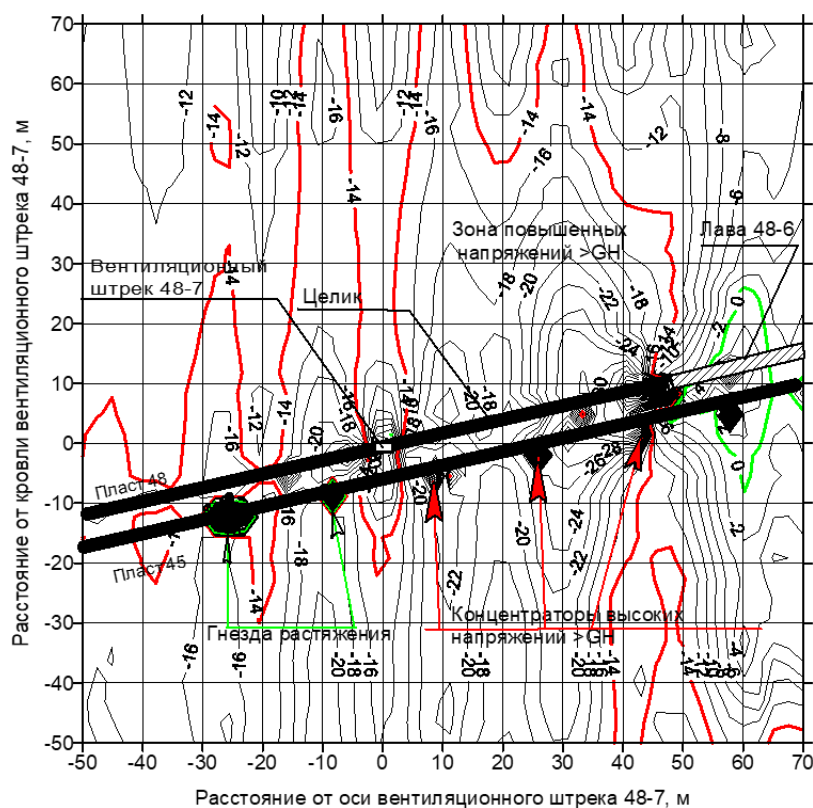


Рисунок 2 – Распределение вертикальных напряжений (МПа) в массиве горных пород между вентиляционным штреком 48-7 и очистным выработанным пространством выемочного столба 48-при прохождении сейсмической волны

Вычислительные эксперименты проводились для различных вариантов расположения подземных и открытых горных выработок и угольных целиков с построением графиков изменения основных геомеханических параметров. Посредством сравнения графиков изолиний этих параметров выявлены следующие закономерности изменения напряжений под влиянием сейсмической волны:

- периодичность 15-20 м максимумов и минимумов напряжений при движении сейсмической волны с формированием вероятных очагов опасных геодинамических явлений;

- формирование в надрабатываемом пласте 45 с интервалом 15м зон растяжения и повышенных напряжений, что может привести к внезапным выбросам газа метана в выработки верхнего отрабатываемого пласта 48;

- при прохождении сейсмической волны в кровле и почве отрабатываемого пласта 48 формируются периодические зоны с изменением в 1,5-2,0 раза вертикальных напряжений.

Процессы многократного воздействия импульсов на объект можно объяснить, применяя теорию многоциклового усталости материалов, согласно которой усталость и разрушение возникают при напряжениях много меньше предела текучести.

Согласно исследованиям [9] энергоёмкость разрушения пород уменьшается, когда в процессе энергообмена поток энергии из внешней среды (потенциальная удельная энергия воздействия на уголь или породу) превышает количество энергии при её поглощении и диссипации породой в ходе её разрушения. Энергоёмкость разрушения связана с энергетическим критерием прочности твёрдых тел [10-12].

Для определения степени длительного разрушения введены понятия и параметры повреждённости [9, 10]. Для горных пород величину повреждённости (W) принято интерпретировать как относительную площадь поперечного сечения, занятую трещинами, микропорами, микродефектами:

$$W = \frac{S_0 - S}{S_0}, 0 \leq W \leq 1, \quad (2)$$

где S_0 – площадь (объём) породного образца без повреждённости, например вне зоны влияния горных выработок или сейсмического воздействия;

S – площадь (объём) породного образца с учётом трещин, пор, образующихся под влиянием горных выработок, геологических нарушений, сейсмических событий.

На рисунке 3 показаны качественные графики изменения энергоёмкости разрушения и накопления повреждений в породах.

Согласно графикам с увеличением количества энергии периодических внешних воздействий на отдельный участок угольного пласта или породы энергоёмкость разрушения скачкообразно уменьшается, а объём повреждённого (разрушаемого) материала в виде трещин ступенчато растёт. Точки минимума на кривой энергоёмкости разрушения рисунке 3 рассматриваются как скачки разрушения.

Графики, подобные представленным на рисунке 3, рекомендуется оперативно формировать в структуре информационной системы шахты для каждой зоны с повышенными вертикальными напряжениями с целью определения по ним рисков возникновения опасных производственных ситуаций.

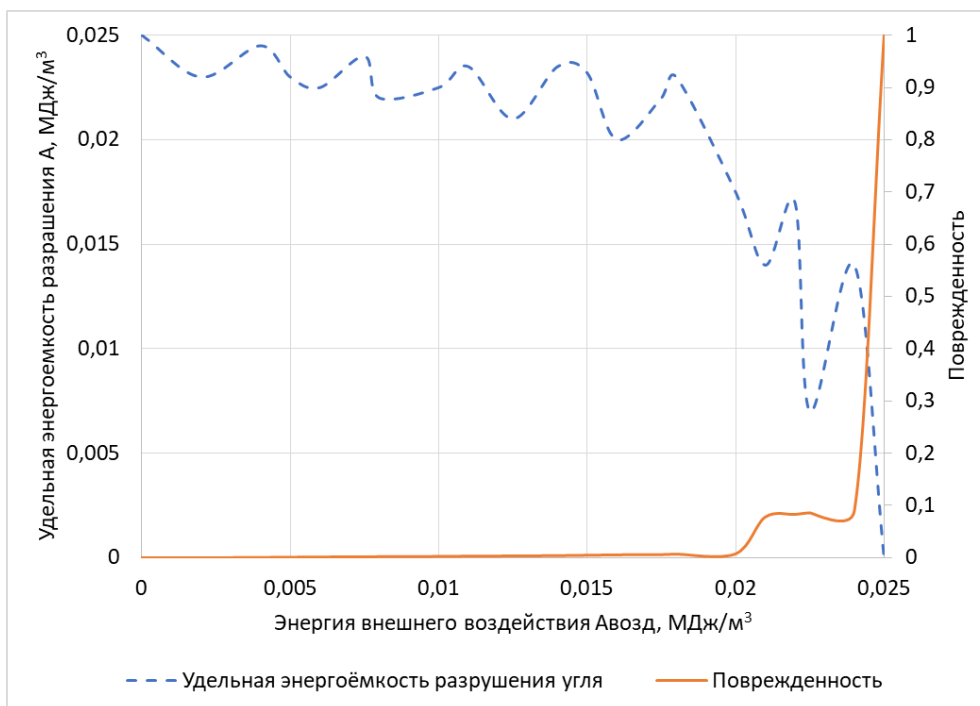


Рисунок 3 – Графики зависимости удельной энергоёмкости разрушения (A), МДж/м³ и поврежденности угля (W) от энергии внешних воздействий (техногенных взрывов)

Выводы

По результатам численного моделирования геомеханических процессов в окрестности подземных горных выработок и угольных целиков пород при влиянии на них открытых горных выработок, отвалов вскрышных пород и технологических массовых взрывов в пределах угольного разреза установлено, что алгоритм оценки влияния сейсмических волн на изменения геомеханических параметров в виде абсолютных и относительных отклонений значений параметров с учётом и без учёта влияния сейсмических волн удовлетворительно описывает состояние массива горных пород при прохождении сейсмической волны.

Обосновано по результатам вычислительных экспериментов влияние технологических взрывов на угольных разрезах на устойчивость подземных выработок и угольных целиков. Для каждой зоны с повышенной концентрацией вертикальных напряжений по мере увеличения циклов прохождения взрывной волны риск возникновения опасной ситуации возрастает, и может привести разрушению пород, проявлению геодинамических газодинамических событий.

Библиографический список

1. Фрянов В.Н. Численное исследование влияния структурной неоднородности массива горных пород на геомеханические параметры выемочного участка угольной шахты / В.Н. Фрянов, Л.Д. Павлова // Научно-технический вестник Поволжья. – 2021. – № 8. – С. 95-98.
2. Корнев Е.С. Разработка комплекса проблемно-ориентированных программ для моделирования геомеханических процессов методом конечных элементов / Е.С. Корнев, Л.Д. Павлова, В.Н. Фрянов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2013. – № 2. – С. 65–69.
3. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2020618595. Программный комплекс для моделирования геомеханических процессов в структурно неоднородном геомассиве при взаимном влиянии системы подземных горных выработок / В.Н.

- Фрянов, Л.Д. Павлова, А.Б. Цветков; ФГБОУ ВО Сиб. гос. индустр. ун-т. – Фед. служба по интеллект. собств.; Дата регистр. 30 июля 2020.
4. Беседина А.Н., Кабыченко Н.В., Кочарян Г.Г. Особенности сейсмического мониторинга слабых динамических событий в массиве горных пород / А.Н. Беседина, Н.В. Кабыченко, Г.Г. Кочарян // ФТПРПИ. – 2013. – №5. – С.20-36.
 5. Арутюнян Е.Г. Актуальные проблемы сейсмической безопасности Кузбасса / Е.Г. Арутюнян, В.В. Ромашин, И.В. Огородникова // ТЭК и ресурсы Кузбасса. – 2007. – №6. – С.43-44.
 6. Денисов С.В. Специфика и формы проявления техногенной сейсмичности на горно-добывающих предприятиях Кузбасса по материалам инструментальных наблюдений / С.В. Денисов, Д.А. Поляков, Р.В. Добрынин // Научно-технологические разработки и использования минеральных ресурсов. – 2020. – №4. – С. 461–464.
 7. Панин С.Ф. Особенности проявлений сейсмических активизаций на шахтах Кузбасса и организация сейсмического контроля за состоянием недр / С.Ф. Панин // Научно-технологические разработки и использования минеральных ресурсов. Сб. научных статей. - Новокузнецк, СибГИУ. – 2013. –С. 259–263.
 8. Геодинамическое районирование Южного Кузбасса / Т.И. Лазаревич, В.П. Мазикин [и др.]. - Кемерово: Научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела – межотраслевой научный центр ВНИМИ. Кемеровское Представительство, 2006. – 181 с.
 9. Кузнецов Н.Н. Исследование энергоёмкости разрушения скальных горных пород с целью оценки их удароопасности (на примере месторождений Кольского региона) : автореф. дис. на соиск. учён. степ. канд. техн. наук / Николаев Н.Н.; Ин-т горного дела Уральского отд. РАН. – Апатиты, 2021. – 25 с.
 10. Тимошенко С.П. Теория упругости / С.П. Тимошенко, Дж. Гудьер. – М.: Наука, 1975. – 576 с.
 11. Методика прогнозирования прочности углей / С.Е. Чирков, Б.К. Норель, М.П. Мохначёв, Ю.С. Макаров. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1981. – 29 с.
 12. Степанова Л.В. Параметр повреждённости Ю.Н. Работнова и описание длительного разрушения: результаты, современное состояние, приложение к механике трещин и перспективы / Л.В. Степанова, С.А. Игонин // Прикладная механика и техническая физика. – 2015. – Т. 56. – №2. – С. 133-145.

УДК 519.65

ИТЕРАЦИОННЫЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ НАД ТЕЛОМ КВАТЕРНИОНОВ

Бабушкина О.С., Калашников С.Н.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия, babushkina.olga51999@gmail.com

Аннотация. В работе рассматривается итерационный метод решения алгебраических уравнений в алгебре кватернионов, отличающийся случайным выбором начальных и значения значения итерационного параметра в итерационном процессе.

Ключевые слова: уравнение, комплексные числа, кватернион, операция, тело кватернионов, метод Монте-Карло, итерационный метод, сходимость, коммутативность.

Abstract. The paper considers an iterative method for solving algebraic equations in the quaternion algebra, which is distinguished by a random choice of initial and value values of the iterative parameter in the iterative process.

Keywords: equation, complex numbers, quaternion, operation, body of quaternions, Monte Carlo method, iterative method, convergence, commutativity.

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

Спирин Н.А., Лавров В.В., Павлов А.В., Гурин И.А., Федотов Г.А.

Интегрированная автоматизированная информационно-моделирующая система анализа и прогнозирования параметров работы комплекса доменных печей 3

Бурков В.Н., Буркова И.В.

Метод сетевого программирования в задачах управления 9

Жилина Н.М., Чеченин Г.И., Херасков В.Ю.

Медицинская демография в сравнении показателей России и Новокузнецка..... 15

Кизилов С.А., Баловнев Е.А., Черкасов П.В., Никитенко М.С., Худогов Д.Ю., Попова Я.В.

Подходы к автоматизированной оценке объема и состава горной массы в процессе выпуска угля на забойный конвейер 20

Поползин И.Ю., Маршев Д.А.

Анализ режимов работы электропривода подъемной установки, построенного на основе машины двойного питания 25

СЕКЦИЯ 1. Системы автоматизации производственного, исследовательского и учебного назначения

Спирин Н.А., Федотов Г.А., Истомин А.С., Щипанов К.А.

Количественные критерии и алгоритмы расчета для оценки диагностики режима работы доменной печи 32

Темнохунов Д.Р., Кулаков С.М.

О формировании оптимальных раскройных планов на участке отделки 25-метровых рельсов..... 37

Трофимов В.Б.

Распознавание состояния доменной плавки на основе нейросетевых технологий 42

Саидмуродов Б.Р., Лавров В.В., Гурин И.А.

Проектирование и программная реализация интеллектуальной системы анализа температуры холодильников системы охлаждения доменной печи 56

Лавров В.В., Гурин И.А., Спирин Н.А.

Применение в образовательной деятельности гибкой методологии разработки программного обеспечения информационных систем..... 61

Сулимова А.А., Симилова А.А., Чичерин И.В.

Программно-аппаратный комплекс автоматизированной системы управления радиальным сгустителем на основе концепции пространства состояний и вейвлет-преобразований при неполной информации о технологических параметрах..... 68

Койнов Р.С., Кулаков С.М., Тараборина Е.Н.

О разработке моделирующего комплекса для исследования эффективности механизмов прецедентного управления 74

<i>Вережкин В.И., Игушев В.Ф., Вережкин С.В.</i>	
Конструкторско-технологические меры повышения стойкости стальных обшивок судов к электрохимической коррозии	79
<i>Худоногов Д.Ю., Ефременкова М.В., Никитенко М.С., Кизилев С.А.</i>	
Система контроля качества масла в режиме реального времени эксплуатации агрегатов в полевых и лабораторных условиях	90
<i>Каменная А.В., Кизилев С.А., Никитенко М.С., Худоногов Д.Ю.</i>	
Методы экспресс-анализа состава газовой среды при проведении подземной добычи угля.....	95
<i>Gusev S.S.</i>	
Construction of a modified algorithm for identifying a dynamic control object based on experimental data from VVER-440 and VVER-1000 reactor models	98
<i>Кулебакин И.И., Корнеева Д.И., Корнеев В.А.</i>	
Анализ существующих экспресс-методов определения прочности горных пород на предмет возможности их применения в роботизированных горных машинах при проведении анкерного крепления выработок	109
<i>Куликов Е.С.</i>	
Разработка автоматизированной системы вибродиагностики эксгаустеров агломерационной фабрики.....	113
<i>Гольцев В.А., Киселев Е.В., Дудко В.А., Ершов А.К.</i>	
Моделирование системы принудительного удаления газопылевой смеси из помещения плавильного цеха.....	117
<i>Гуторова Е.А.</i>	
Современные технологии автоматизации в управлении буровзрывными работами.....	123
<i>Сазонова Г.А.</i>	
Стабилизация параметров газовой смеси на отопление нагревательных печей	128
<i>Спиридонов В.В., Прохоров И.М., Михайлова О.В.</i>	
Прикладные задачи использования имитационных моделей технологических процессов автоматизированных производств.....	132
<i>Шабля Ю.В., Кручинин Д.В.</i>	
Автоматизация генерации и проверки математических задач с помощью системы STACK в Moodle LMS.....	135
<i>Шикова А.А., Федосова Л.О., Золотов А.В., Лукьянов А.В.</i>	
Моделирование и разработка комплексного программного обеспечения для пневматического стенда под управлением отечественным ПЛК	139
<i>Kukolev A.A., Piotrovsky D.L., Podgorny S.A., Spitsyn V.V.</i>	
Particle swarm optimization method software algorithm for complex control system dynamic link approximation with second order aperiodic link	145
<i>Билецкая Д.А., Дворянчиков М.В.</i>	
Сентимент-анализ: классификация текстов по эмоциональной окраске	152
<i>Таскабулов Г.Р., Белый А.М.</i>	
Разработка автоматизированной online - системы консультирования на базе электронного мессенджера Telegram.....	155

Прохоров И.М.

Трансформация образовательного процесса на основе цифровых моделей технологических объектов 161

Пьянова Е.А., Антонов Е.В., Климов О.А., Гурин И.А.

Применение Headless CMS Directus при разработке веб-сайтов 167

Chakraborty P., Bhattacharyya S., Misra P., Pal M., Neogi B., Nikitenko M.S., Das A.

A IOT based platform for upper limb rehabilitative services 172

Bhattacharjee S., Bandyopadhyay S., Sinha N., Banerjee A., Pal M., Neogi B., Nikitenko M.

Experimental investigation of inductor topologies: a modification of triangular model 177

Крюков А.В., Купчик Б.М., Новиков А.А., Суриков К.Э., Коровин Е.В., Купчик М.Б.

Автоматизированная система анализа эффективности лекарственных препаратов и принятия решений на базе методологии доказательной медицины..... 193

СЕКЦИЯ 2. Моделирование и наукоемкие информационные технологии в промышленности, науке и образовании

Мартусевич Е.А., Рыбенко И.А., Буинцев В.Н.

Программный комплекс «Алюминщик» для моделирования и оптимизации процесса формирования алюминиевого сплава в электрическом миксере сопротивления 199

Леонтьев А.С., Ушакова Д.Е.

Разработка и интеграция модуля «Энергетика» для применения в рамках системы математического моделирования на АО «ЕВРАЗ ЗСМК» 204

Губанов Н.В.

Использование численных методов в алгоритме обратного распространения ошибки на примере использования метода градиентного спуска 212

Голодова М.А., Рыбенко И.А., Рожихина И.Д., Нохрина О.И.

Термодинамическое моделирование процесса восстановления марганца из монофазного материала 219

Сеченов П.А.

Влияние параметра релаксации на скорость сходимости численных методов в программном комплексе T-ENERGY 225

Сеченов П.А., Рыбенко И.А.

Исследование сходимости численных методов при расчете термодинамического равновесия в программном комплексе T-ENERGY 231

Фадеев Р.Н.

Интеллектуальная поддержка принятия решений при управлении технологическими процессами..... 237

Гатауллина И.М.

Построение математической модели собственных колебаний энергетического трубопровода 240

Жилина Н.М., Власенко А.Е., Климантова И.П., Захарова Е.В., Якушева О.Н.

Современный опыт дистанционного обучения в системе здравоохранения 244

<i>Байдалин А.Д.</i> Продвинутые алгоритмы машинного обучения для решения задач математического моделирования	247
<i>Ликсонова Д.И., Медведев А.В.</i> О моделировании лавинообразных процессов.....	251
<i>Буинцев В.Н., Логунов Г.М.</i> Автоматизированная обучающая система.....	257
<i>Логунов Г.М.</i> Цифровая литература в современном формате	260
<i>Yao Keyu</i> Robust portfolio selection with wasserstein distance	264
<i>Якушенков Д.В.</i> Роль цифровых средств в анализе и противодействии влияния добычи полезных ископаемых на экологию	269
<i>Кольчурина М.А.</i> Разработка прогнозной модели оценки времени разморозки железнорудного сырья	272
<i>Белоусова О.Н., Зеркаль С.М.</i> Вычислительные алгоритмы палеомагнитной диагностики в случае бимодальной выборки.....	276
<i>Новосельцева М.А., Гутова С.Г.</i> Влияние шага дискретизации на точность идентификации мультисинусоидальных сигналов.....	279
<i>Кожевников А.А.</i> Моделирование процесса контроля проектной деятельности в сфере дополнительного профессионального образования	286
<i>Жуков П.И., Фомин А.В.</i> Разработка концепции надсистемы энергоэффективного управления нагревательной печью	293
<i>Наджафов Т.И.</i> О способах поиска и обнаружения загрязнений окружающей среды на спутниковых снимках средствами искусственных нейронных сетей	299
<i>Гейль К.Э.</i> О новых путях сбора сведений о ЧС и информировании населения.....	303
<i>Грачев А.В.</i> О типах передаваемых данных и оценке их влияния на состояние промежуточного сетевого узла-посредника	307
<i>Городнов Я.А., Кузнецова Е.С.</i> Исследование математических методов определения объема снижения потребления энергопринимающих устройств в проекте управления спросом на электроэнергию	310
<i>Агапитов Е.М., Фомин В.В., Михайлович А.П., Рогачев В.Е., Голиков Д.Ю.</i> Аспекты математического анализа статистических данных пробных площадей в качестве определения возрастных интервалов на основе размеров крон лиственницы сибирской (Полярный Урал)	316

<i>Гайнутдинов Л.Н.</i> Роль и место информационных технологий в инвестициях.....	320
<i>Тагильцев-Галета К.В., Лактионов С.А.</i> Цифровая метрология: определение и ее место в моделировании систем	322
<i>Романова В.А., Дробышев В.К., Титова Т.К., Поползин И.Ю.</i> Исследования влияний молнии на низковольтные системы высоковольтных электрических подстанций 110 кВ.....	325
<i>Пермякова Е.П., Бочаров Вик.В., Бочаров Вяч.В.</i> Data Mining в реальном времени	332
<i>Кузнецова Е.С., Дурнев А.А., Пестрецов А.Е., Арбузов И.С., Полосухин А.Е.</i> Имитационное моделирование подстанции в среде «MATLAB – SIMULINK».....	336
<i>Рыбенко И.А., Белавенцева Д.Ю., Гасымов Р.Р., Качалкова К.И.</i> Методика расчёта материального баланса кислородно-конвертерного процесса.....	341
<i>Полещенко Д.А., Петров В.А., Михайлов И.С.</i> Использование YOLOv5 для определения густоты всходов подсолнечника.....	345
<i>Гурин И.А., Лавров В.В., Спиринов Н.А.</i> Программные средства решения задач оптимизации в информационно-моделирующих системах	348
<i>Костылева Л.Ю.</i> Моделирование теплового состояния многослойных биметаллических пластин.....	354
<i>Зеркаль С.М., Пешков А.В.</i> Численное исследование томографической разрешимости специальной задачи дефектоскопии	360
<i>Филипас А.А., Рябов А.В.</i> Система технического зрения для условий плохой видимости в воздушной среде	365
<i>Рыбенко И.А., Roos K.</i> Анализ критериев оптимизации и способов решения оптимизационных задач в металлургии	368
<i>Сёмина В.В.</i> Декомпозиция и агрегирование слабосвязанных окрестностных систем.....	372
<i>Кузнецова Е.С., Дробышев В.К., Романова В.А.</i> Моделирование и оптимизация системы электроснабжения теплосиловой установки с применением альтернативного источника топлива	377
<i>Губанов К.Н., Калашиников С.Н.</i> Основы алгоритмизации для разработки мобильного приложения с целью распознавания кодов Data Matrix.....	382
<i>Перевалова О.С., Баркалов С.А., Мажарова Л.А.</i> Моделирование процесса внедрения системы наставничества в организационных системах	385

<i>Каган Е.С., Гоосен Е.В., Колтинская С.А., Ложкин А.А., Михальченко М.А.</i>	
Проблемы и перспективы направления разработки инструментов количественной оценки стрессоустойчивости цепочек добавленной стоимости в угольной отрасли.....	391
<i>Гостевская А.Н., Маркидонов А.В.</i>	
Изменение поверхности ОЦК-кристалла при лазерной абляции	396
<i>Павлова Л.Д., Фрянов В.Н.</i>	
Моделирование предразрушения горных пород под влиянием микросейсмических воздействий на геомассив в окрестности подземных горных выработок и угольных целиков.....	400
<i>Бабушкина О.С., Калашиников С.Н.</i>	
Итерационный метод решения уравнений над телом кватернионов.....	406
<i>Ермакова Л.А.</i>	
Опыт разработки плагинов в СУО Moodle для анализа работы пользователей	411
<i>Бегина А.Г.</i>	
Информационная система ведения расписания для образовательного центра	413
<i>Бегина А.Г.</i>	
Ценность информационных технологий в системах управления	417
<i>Bhattacharjee S., Chakraborty P., Roy M., Banerjee A., Pal M., Nikitenko M.S., Neogi B.</i>	
Analytical solution of ‘nonlinearly coupled electromechanical model equations’ of human cardiovascular muscle.....	420
СЕКЦИЯ 3. Информационные технологии в управлении организационными системами	
<i>Добронец Б.С., Попова О.А., Шломин А.А.</i>	
Прогнозная аналитика и большие данные в оценке рисков инвестиционных проектов.....	437
<i>Добронец Б.С., Попова О.А.</i>	
Информационно-аналитические подходы в анализе неструктурированных данных	442
<i>Домнышев А.В.2, Затеякин О.А.</i>	
Опережающее развитие персонала как фактор повышения конкурентоспособности персонала и развития бизнеса	447
<i>Бычков А.Г., Киселёва Т.В., Маслова Е.В.</i>	
Использование детекции в свёрточных нейронных сетях для повышения точности классификации.....	453
<i>Блюмин С.Л.</i>	
Метаграфы и редукция Крона в моделировании оргсистем.....	459
<i>Щепкин А.В., Амелина К.Е.</i>	
Стимулирование публикационной активности.....	464
<i>Графкин А.В., Александрова М.И.</i>	
Разработка системы реализации алгоритма anti-tailgate для предотвращения несанкционированного прохода.....	469