

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

16+
ISSN 2218-5194

**ИЗВЕСТИЯ
ТУЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА**

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Выпуск 4

Тула
Издательство ТулГУ
2023

Председатель:

Кравченко О.А., д-р техн. наук.

Первый заместитель председателя:

Воротилин М.С., д-р техн. наук.

Заместитель председателя:

Прейс В.В., д-р техн. наук, авторизованный представитель Издательства ТулГУ в РИНЦ.

Ответственный секретарь:

Моргунова Е.В., авторизованный представитель ТулГУ в РИНЦ.

Члены редакционного совета:

Баташова И.А., д-р полит. наук,

гл. редактор серии «Гуманитарные науки»;

Берестнев М.А., канд. юрид. наук, доц.,

гл. редактор серии «Экономические и юридические науки»;

Борискин О.И., д-р техн. наук,

гл. редактор серии «Технические науки»;

Егоров В.И., канд. пед. наук, гл. редактор серии

«Физическая культура. Спорт»;

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор:

Качурин И.М., д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула);

Заместитель главного редактора:

Сарычев В.И., д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула);

Члены редакционной коллегии:

Захаров В.И., академик РАН, д-р техн. наук

(Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, г. Москва);

Баран А.А., академик РАН, д-р техн. наук (Пермский федеральный исследовательский центр УрО РАН, г. Пермь);

Каптунов Д.Р., член-корр. РАН, д-р техн. наук

(Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, г. Москва);

Клишин В.И., член-корр. РАН, д-р техн. наук

(Институт угля ФНЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово);

Левин Л.Ю., член-корр. РАН, д-р техн. наук (Пермский федеральный исследовательский центр УрО РАН, г. Пермь);

Отарин В.И., член-корр. РАН, д-р физ.-мат. наук (Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск);

Спирков К.И., д-р техн. наук, президент (ООО «УК ЮГКО», г. Челябинск);

Росляникова М.В., д-р техн. наук (Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, г. Москва);

Валиев Никит Гадым, д-р техн. наук (Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург);

Лазавская О.В., д-р пед. наук,

гл. редактор серии «Педагогика»;

Качурин И.М., д-р техн. наук,

гл. редактор серии «Науки о Земле»;

Попалюкова О.И., д-р хим. наук,

гл. редактор серии «Естественные науки».

Ответственный секретарь:

Стась Г.В., д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула).

Авторизованный представитель ТулГУ в РИНЦ

Копылов А.Б., д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула).

Галик В.И., д-р техн. наук (Геофизический институт

Владикавказского научного центра, г. Владикавказ);

Ефимов В.И., д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула);

Жабов А.Б., д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула);

Залышвили В.Б., д-р физ.-мат. наук (Геофизический институт – филиал Федерального научного центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук» (ГФН ВПЦ РАН);

Кавала Р., д-р техн. наук (Фрайбергская горная академия, Институт материаловедения и изготовления материалов, Германия, г. Фрайберг);

Казанов О.И., д-р техн. наук (Санкт-Петербургский

горный университет, г. Санкт-Петербург); Каптунов

Д.И., д-р техн. наук (Национальный ис-

следовательский технологический университет

(МИСиС), г. Москва);

Каришумов Г.И., д-р техн. наук (Санкт-Петербургский

горный университет, г. Санкт-Петербург); Мельник

В.В., д-р техн. наук (Национальный иссле-

довательский технологический университет

(МИСиС), г. Москва);

Мерзляков В.Г., д-р техн. наук (Московский

политехнический университет, г. Москва);

Протопопов А.Г., д-р техн. наук (Санкт-

Петербургский горный университет, г. Санкт-

Петербург).

Сборник зарегистрирован в Управлении Федерального служб по защите в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) ПИ № ФС 77-75993 от 19 июля 2019 г.

Полный текст сборника 41408 по Общедоступному каталогу «Пресса России».

Сборник включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук, утверждённый ВАК Минобрнауки РФ, по следующим критериям: 2.8.6. Голосование, размещение научных трудов, рукописей, диссертаций и т.п. в электронной форме; 2.8.8. Голосование, размещение научных трудов, диссертаций и т.п. в системе «Web of Science».

© Авторы научных статей, 2023

© Издательство ТулГУ, 2023

7. Improving the technical level and safety of operation of downhole scraper conveyors / I.V. Kosarev, A.V. Meznikov, A.E. Volotov, V.P. Kondrakhin // Bulletin of the Donetsk National Technical University. 2020. No. 4(22). pp. 11-21.

8. Ovchinnikov N.P., Zyryanov I.V. A hydromechanized complex for cleaning mine waters from large mechanical impurities // Mining information and analytical bulletin. 2022. No. 5-2. S. S. 114-123.

9. Afonina N.B., Otrokov A.V., Khazanovich G.Sh. On the issue of assigning individual parameters of the loading stars of loading cranes of tunneling combines // Mining industry. 2021. No. 5. pp. 90-93.

10. Otrokov A.V., Khazanovich G.S., Afonina N.B. Impact of design parameters on the efficiency of loading organs with gathering stars of the roadheaders // Materials Science Forum. 2018. p. 401.

11. Afonina N.B. Rational parameters of loading bodies of tunneling combines with raking stars: the author's abstract. ... candidate of Technical Sciences. Novocheboksarsk, 2013. 19 p.

УДК 622.831.3

К ВОПРОСУ ВЕРОЯТНОСТНОЙ ПРИРОДЫ ПРОЦЕССА СВОДООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ВЫПУСКЕ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Ю.Е. Прошунин, С.В. Риб, И.О. Гельгенберг

Предложен подход к математическому описанию вероятности процесса сводообразования при выпуске сыпучего материала, основанный на возможности моделирования (физического или математического) одних явлений с помощью других, имеющих иную физическую природу. Показано, что это возможно в случае, когда решения математических моделей, описывающих различные явления, эквивалентны.

Ключевые слова: сыпучий материал, выпуск, сводообразование, вероятностная природа, математическая модель, методология построения, эквивалентность решений.

Предложен подход к построению математической модели, описывающей вероятность процесса образования сводов в процессе складирования и выпуска сыпучих материалов (СМ). Несмотря на то, что данная проблема актуальна для многих отраслей промышленности: горной, металлургической, химической, сельскохозяйственной, работ, посвященных ее рассмотрению, известно, в общем-то, не так много.

В исследовании [1] сводовая структура рассмотрена как совокупность последовательно соединенных элементов, нарушение равновесия каждого из которых приводит к разрушению всей системы. Получено соотношение для вероятности истечения

$$C=1-(1-\mu)^n, \quad (1)$$

где μ - вероятность нарушения равновесия каждого из элементов; n - число составляющих свод элементов.

Приведенное выражение (1) может быть использовано для описания поведения при выпуске материалов, состоящих из крупных кусков, силы сцепления между которыми практически отсутствуют, а прекращение истечения связано исключительно с механическим взаимодействием. При анализе реальных СМ, обладающих определенной связностью, оно дает результаты, весьма далекие от опытных данных [2].

Математическое описание процесса разрушения динамических сводов было получено В.А. Богомягких [3]:

$$P_0(t) = (1 - \exp(-\mu \cdot t))^n, \quad (2)$$

где μ - частота разрушения динамических сводов; n - общее количество сводов.

Данное соотношение (2), как и вышеприведенное, также получено применительно к массиву однородных по форме и размерам частиц, в данном случае зернам пшеницы [3] и, по-видимому, вряд ли может использоваться для описания процесса выпуска различных полезных ископаемых, куски которых значительно отличаются по вещественному составу, форме, размеру, прочности и плотности.

Несмотря на значительное число публикаций, посвященных экспериментальному и теоретическому изучению рассматриваемого процесса, корректная модель, связывающая вероятность сводообразования с параметрами выпускного отверстия и физико-механическими характеристиками исследуемых веществ, пока не создана. По-видимому, это объясняется недостаточно четким и обоснованным выбором подхода к решению данной задачи.

Актуальным остается выбор наиболее адекватного теоретического описания поведения горной массы [4, 5] при решении прикладных задач горного производства, например, в технологии с самообрушением. Технологии с самообрушением горной массы (процесса выпуска сыпучих материалов) всегда вызвали особый интерес при подземной разработке мощных угольных пластов и рудных тел из-за низкой себестоимости добычи и относительной простоты реализации. В настоящее время альтернативой континуальным моделям являются модели молекулярной динамики. В рамках этого подхода среда сплошной не предполагается, а задаются форма частиц, составляющих среду, их начальная конфигурация (упаковка), начальные скорости и законы взаимодействия частиц друг с другом, а также с внешними границами.

В рамках такого подхода можно описывать как малые, так и конечные деформации. Кроме того, здесь появляются возможности учета нелинейных и динамических эффектов. Одной из модификаций метода молекулярной динамики является метод дискретных элементов, весьма эффективно описывающий поведение сыпучих сред и горных пород, со-

стоящих из частиц произвольного размера и формы. Однако здесь возникают трудности при оценке степени адекватности модели.

Авторами предлагается использовать подход, основанный на возможности моделирования (физического или математического) одних явлений с помощью других, имеющих иную физическую природу. Это возможно в случае [6], когда математические модели, описывающие различные явления и их решения эквивалентны. При этом функции, используемые в уравнениях, могут иметь совершенно различный физический смысл.

Данный подход позволяет использовать детально разработанный при анализе других явлений математический аппарат. Проиллюстрируем изложенное следующим примером [2, 6]. В качестве объекта изучения выберем результат фундаментально спланированных экспериментальных исследований [2, 7, 8]. Авторами на основе большого количества опытных данных определена вероятность выпуска различных фракций кварцевого песка и антрацита из емкостей, в зависимости от отношения диаметра выпускного отверстия к характерному (среднему) размеру частиц СМ рассматриваемой фракции (рис. 1, 2).

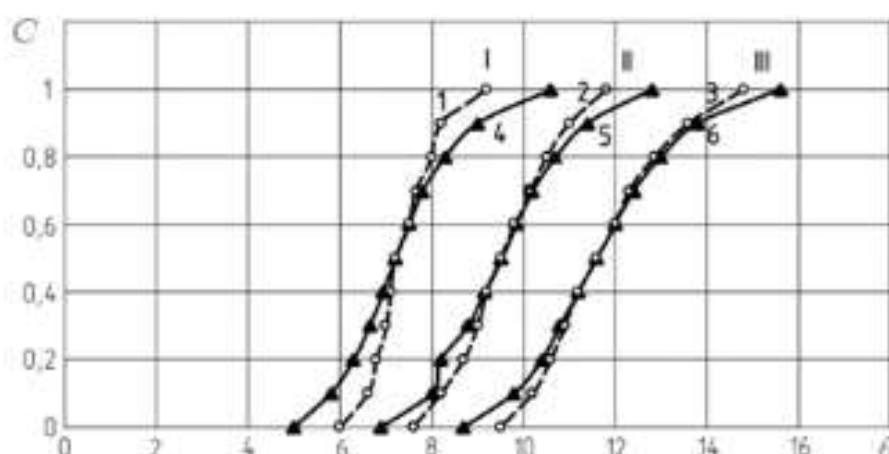


Рис. 1. Зависимость вероятности процесса выпуска антрацита для фракции 315-420 (I), 150-200 (II), и 105-150 (III) мкм: 1 – 3 экспериментальные и 4 – 6 рассчитанные по уравнению (2) кривые соответственно

Из анализа приведенных данных следует, что с уменьшением величины частиц силы взаимодействия между ними возрастают и выпуск таких материалов возможен при значительно больших отношениях диаметра отверстия к характерному размеру частиц. На рис. 1 и 2 это соответствует смещению кривых вправо и постепенному уменьшению их наклона.

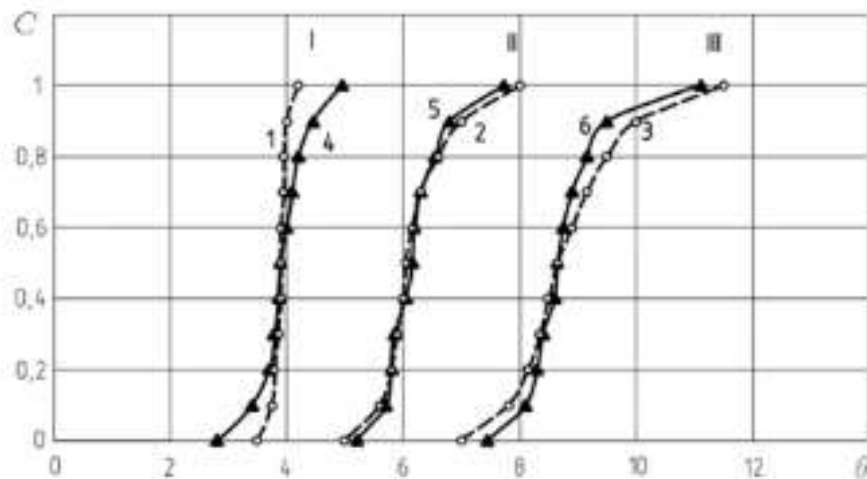


Рис. 2. Зависимость вероятности процесса выпуска кварцита для фракции 850 – 1600 (I), 105 – 150 (II) и 56 – 75 (III) мкм: 1 – 3 экспериментальные и 4 – 6 рассчитанные по уравнению (2) кривые соответственно

Составим приведенные результаты с экспериментальными данными по фильтрации двух взаиморастворимых жидкостей в пористой среде, полученными с использованием радиометрического метода [8]. Для одномерного линейного движения в случае постоянной скорости фильтрации и одинаковой вязкости жидкостей эти данные с высокой степенью точности описываются следующим дифференциальным уравнением:

$$\frac{\partial c}{\partial \theta} = \frac{1}{\alpha^2} \frac{\partial^2 c}{\partial X^2} - \frac{\partial c}{\partial X}, \quad (3)$$

где c – концентрация одной из жидкостей в рассматриваемой точке пористой среды при условии полного взаимного перемешивания компонентов; θ – безразмерное время; α – эмпирический коэффициент; X – безразмерная координата,

$$\theta = \frac{vt}{mL},$$

где v – скорость фильтрации, м/сут; t – время, с; m – пористость, %; L – длина модели пористой среды, м.

$$\alpha = \sqrt{\frac{vL}{D}},$$

где D – коэффициент перемешивания жидкостей в пористой среде.

$$X = \frac{x}{L},$$

где x – расстояние от входного сечения, м.

Решение уравнения (3) для полубесконечного пласта при граничных и начальных условиях $c(0; 0) = 1$; $c(X; 0) = 0$; $c(\infty) = 0$ записывается в виде [9]:

$$c(X, 0) = 0,5 \left\{ \operatorname{erfc} \left[\frac{\alpha}{2} \left(\frac{X}{\sqrt{\theta}} - \sqrt{\theta} \right) \right] + \exp(\alpha^2 X) \operatorname{erfc} \left[\frac{\alpha}{2} \left(\frac{X}{\sqrt{\theta}} + \sqrt{\theta} \right) \right] \right\}. \quad (4)$$

Качественное соответствие приведенных в [8] графических зависимостей $c-c(0)$ концентрации вытесняющей жидкости от безразмерного времени θ на разных расстояниях x от входного сечения модели экспериментальным результатам определения вероятности процесса выпуска СМ из емкостей [2] несомненно.

В соответствии с принятым положением используем дифференциальное уравнение (4) для анализа вероятности процесса сводообразования. При этом, входящие в него параметры приобретают другой физический смысл. Теперь, C , θ и X , соответственно, являются вероятностью сводообразования, отношением диаметра выпускного отверстия к среднему размеру частиц СМ рассматриваемой фракции и характеристикой величины его аутогезионных сил. Фактически, величина X равна значению θ , при котором достигается определенная величина вероятности истечения $\sim 0,52$. Для мелкодисперсных материалов такое значение вероятности достигается при более высоких значениях θ , то есть рассматриваемый параметр позволяет оценить способность веществ к сводообразованию.

Для сопоставления экспериментальных результатов [7, 8] с дифференциальным уравнением (3) и его решением (4) определим численные значения входящего в него параметра α . Для этого исследуем решение (4) в точке перегиба при $X = \text{const}$. Координаты ищем из условия

$$\frac{\partial^2 C}{\partial \theta^2} = -\frac{\alpha X}{4\sqrt{\pi}\theta_n^2} \left[3 - \frac{\alpha^2(X^2 - \theta_n^2)}{2\theta_n} \right] \exp \left[-\frac{\alpha^2(X - \theta_n)^2}{4\theta_n} \right],$$

приводящего к выражению

$$\alpha^2 \theta_n^2 + 6\theta_n - \alpha^2 X^2 = 0, \quad (5)$$

где θ_n – значение θ в точке перегиба.

Комбинируя соотношение (5) и величину тангенса угла наклона в точке перегиба, получим выражение

$$\frac{\partial C}{\partial \theta} \Big|_{\theta=\theta_n} = \frac{\alpha X}{2\sqrt{\pi}\theta_n^{1,5}} \exp \left[-\frac{\alpha^2(X - \theta_n)^2}{4\theta_n} \right],$$

позволяющее по известным значениям $\frac{\partial C}{\partial \theta} \Big|_{\theta=\theta_n}$ и θ_n определить численное значение параметра α :

$$2\theta_n \ln \left[\frac{\theta_n^2 \alpha^2 + 6\theta_n}{4\pi\theta_n^3 \left(\frac{\partial C}{\partial \theta} \right)_{\theta=\theta_n}} \right] = \left(\sqrt{6\theta_n + \theta_n^2} - \alpha\theta_n \right)^2. \quad (6)$$

Решение (6) находится стандартными численными методами. Координаты точек перегиба с достаточной степенью точности определяются координатами точек пересечения кривых $C = C(\theta)$ с линией вероятности исечения 0,52.

Значение параметра α определено для нескольких фракций антрацита и кварцевого песка. Результирующая величина его для каждого материала найдена методом численного интегрирования. Результаты расчетов приведены в таблице. Они использованы для расчета по соотношению (4).

Исходные данные для определения вероятности процесса выпуска СМ

№ п/п	Материал	Фракция, мкм	1. Параметры			
			θ_n	2. $\frac{\partial C}{\partial \theta} \big _{\theta=\theta_n}$	α	X
1	Песок	56-75	8,7	0,4	7,077	8,76
2	Песок	105-150	6,1	0,8	7,077	6,16
3	Песок	850-1600	3,9	1,43	7,077	3,96
1	Антрацит	105-150	11,6	0,27	7,077	11,89
2	Антрацит	150-200	9,5	0,37	7,077	9,97
3	Антрацит	312-420	7,2	0,49	7,077	7,53

Для реализации изложенной модели разработано программное обеспечение. Графики (рис. 1, 2) свидетельствуют о практически полном совмещении теоретических и экспериментальных кривых. Некоторое расхождение их может быть объяснено неточностями в определении координат точек перегиба и значений в них первой производной.

Помимо чисто формальной возможности использования для изучения процесса вероятностного сводообразования математической модели фильтрации взаиморастворимых жидкостей в пористой среде, по-видимому, существует внутреннее сходство указанных процессов. Это сходство обусловлено существованием области, препятствующей перемещению основной среды: вязкой в одном случае и сыпучей в другом. При фильтрации жидкостей это зона пористого материала, а в процессе выпуска СМ - зона периодического возникновения и разрушения сводовых структур, определяющаяся условиями стеснения потока вещества в условиях радиального движения. Вероятно, именно этим обстоятельством обусловлено сходство математических моделей рассматриваемых процессов.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке математической модели выпуска сыпучих материалов, в том числе и в горном деле.

Список литературы

1. Нифонтов Б.И., Балхавдаров Х.А. Рациональная величина диаметра выпускного отверстия // Сб. науч. тр. конф. «Исследование технологических процессов добычи и переработки руд. Анапиты, 1971. С. 122-128.
2. Залогин И.Г., Кенеман Ф.Е., Артым И.Л. Исследование вероятности сводообразования при свободном истечении сыпучих тел // Энерготехнологическое использование топлива: Сб. науч. тр. Минск. 1996. Вып. 4. С. 98 – 106.
3. Богомягких В.А., Песмиян А.Ю. Функционирование бункеров максимального расхода в условиях сводообразующего истечения зерновых материалов, Черноград: Изд-во ДГАУ, 2015. 179 с.
4. Ревуженко А.Ф., Клишин С.В. Численный метод построения континуальной модели деформирования твердого тела, эквивалентной заданной модели дискретных элементов // Физическая мезомеханика, 2012. Вып. 15. №. 6. С. 35-44.
5. Клишин С. В. Моделирование площадного выпуска сыпучих сред из камер методом дискретных элементов с учетом несферической формы частиц // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук, 2019. Т.6. № 2. С. 118-123.
6. Попов Ю.П., Самарский А.А. Вычислительный эксперимент // Компьютеры, модели, вычислительный эксперимент; под ред. А.А. Самарского. М.: 1988. С. 18 – 78.
7. Прошунин Ю.Е. О вероятности сводообразования при истечении сыпучего материала из аппаратов // Математические и экономические модели в оперативном управлении производством. Москва: «Электрика», 1997. Вып. 6. С. 14 – 17.
8. Забродин П.И., Раковский И.Л., Розенберг М.Д. Исследование фильтрации взаиморастворимых жидкостей с применением радиационных методов // Изв. АН СССР. ОТИ. Механика и машиностроение, 1961. №4. С. 43 – 47.
9. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. М.: Наука, 1977. 832с.

Прошунин Юрий Евгеньевич, д-р техн. наук, директор института, proshunin_ie@mail.ru, Россия, Новокузнецк, Сибирский государственный индустриальный университет.

Риб Сергей Валерьевич, канд. техн. наук, доц., sergeparib@yandex.ru, Россия, Новокузнецк, Сибирский государственный индустриальный университет.

Гельзенберг Илья Олегович, лаборант, domikparatov@gmail.com, Россия, Новокузнецк, Сибирский государственный индустриальный университет

THE PROBLEM OF THE PROBABILISTIC NATURE OF THE PROCESS OF ARCHING DURING THE RELEASE OF BULK MATERIALS

Y.E. Proshunin, S.V. Rib, I.O. Gelgenberg

An approach to the construction of a mathematical model describing the probability of the arching process during the release of bulk material is proposed, based on the possibility of modeling (physical or mathematical) some phenomena with the help of others having a different physical nature. It is shown that this is possible when mathematical models describing various phenomena and their solutions are equivalent.

Key words: bulk material, output, vaulting, probabilistic nature, mathematical models, construction methodology, equivalence of solutions.

Proshunin Yuri Evgenievich, doctor of technical sciences, director of the institute, proshunin_ue@mail.ru, Russia, Novokuznetsk, Siberian State Industrial University.

Rib Sergey Valeryevich, candidate of technical sciences, associate professor, sereparib@yandex.ru, Russia, Novokuznetsk, Siberian State Industrial University.

Gelgenberg Ilya Olegovich, laboratory assistant, domikparatov@gmail.com, Russia, Novokuznetsk, Siberian State Industrial University

Reference

1. Nifontov B.I., Balkhavdarov H.A. The rational value of the outlet diameter // Sb. nauch. tr. conf. "Research of technological processes of extraction and processing of ores. Apatity, 1971. pp. 122-128.
2. Zalagin N.G., Keneman F.E., Artym N.L. Investigation of the probability of arch formation with free flow of bulk solids // Energy-technological use of fuel: Collection of scientific tr. Minsk, 1996. Issue 4. C. 98 – 106.
3. Bogomyagikh V.A., Nesmian A.Yu. Functioning of maximum flow bunkers in conditions of a vault-forming outflow of grain materials, Zernograd: Publishing House of DGAU, 2015. 179 p.
4. Revuzhenko A.F., Klishin S.V. Numerical method for constructing a continuous model of deformation of a solid body equivalent to a given model of discrete elements // Physical Mesomechanics, 2012. Issue 15. No. 6. pp. 35-44.
5. Klishin S. V. Modeling of the areal release of bulk media from chambers by the method of discrete elements taking into account the non-spherical shape of particles // Fundamental and applied issues of mining sciences, 2019. Vol.6. No. 2. pp. 118-123.
6. Popov Yu.P., Samarsky A.A. Computational experiment // Computers, models, computational experiment; edited by A.A. Sa-marsky. M.: 1988. pp. 18-78.
7. Proshunin Yu.E. On the probability of vaulting at the expiration of bulk material from apparatuses // Mathematical and economic models in operational production management. Moscow: Elektriya, 1997. Issue 6. C. 14 – 17.
8. Zabrodin P.I., Rakovsky N.L., Rosenberg M.D. Investigation of filtration of mutually soluble liquids using radiation methods // Izv. AN USSR, REL. Mechanics and Mechanical Engineering, 1961. No. 4. C. 43-47. 9
9. Korn G., Korn T. Handbook of Mathematics. M.: Nauka, 1977. 832c.

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОЛОГИЯ

<i>Аветисян Г.Д., Маргарян В.Г., Седракан А.М., Назаренко О.В.</i> Районирование территории города Еревана на основе анализа микроклиматических данных.....	3
<i>Аленичев В.М.</i> Методический подход к оценке рисков возникновения негативных техногенных явлений при недроползовании.....	14
<i>Аманова Ш.С.</i> Исторические аспекты формирования городских ландшафтов.....	27
<i>Бахриев С.Х.</i> Экологические технологии водосбережения – возможные способы и применяемые для этого водосберегающие устройства в условиях Центральноазиатского региона.....	39
<i>Дадашова Х.Д.</i> Методы географического анализа и восстановления трансформированных ландшафтов городов (на примере городов Гянджа и Мингячевир).....	51
<i>Даукаев А. А., Абубакарова Э. А., Бачаева Т. Х., Сарычев В. И.</i> Исследования механизмов естественного восполнения запасов месторождений углеводородов (на примере Старогрозненского нефтегазового месторождения).....	62
<i>Абушова С.Н.</i> Экогеоморфологическая оценка рельефа Нахичеваньской автономной республики и ее влияние на использование территории.....	74
<i>Липник В.Ю., Фалихова Е.Д.</i> Анализ состояния рынка водородного сырья в России и мире.....	86
<i>Максимович Н.Г., Березина О.А., Мецгерикова О.Ю.</i> Трансформация карстового суходола под воздействием кислых шахтных вод Кизеловского угольного бассейна.....	103
<i>Нурмухаметов Р.К., Кузнецов Г.В., Жуков Р.А., Хзынин Э.В.</i> Климатическая повестка предприятий горнодобывающего сектора и металлургии: особенности, проблемы, перспективы.....	116
<i>Антошинова Н.Ю., Усманов А.И., Собетин А.В., Кузнецова Я.А.</i> Оценка эффективности торфодиагномитового сорбента-мелиоранта для реабилитации нефтезагрязненных земель.....	135
<i>Шейнман Л.Э., Ишметова М.С.</i> Ремедиация нарушенной открытыми горными работами почвы с помощью биоудаления.....	151

но-обогажительных комбинатов.....	434
<i>Овчинников Н.П.</i> Разработка и обоснование комплекса для сбора просыпанной горной массы.....	457
<i>Прошутин Ю.Е., Риб С.В., Гельзенберг И.О.</i> К вопросу вероятностной природы процесса сводообразования при выпуске сыпучих материалов.....	464
<i>Пыталов И.А., Домогжиров Д.В., Симаков Д.Б., Борисенко Е.В.</i> Управление качеством минерального сырья путем обоснования технологии и параметров подготовки к выемке пород природных массивов при открытой геотехнологии.....	472
<i>Рассказов И.Ю., Семенов А.Г., Чебан А.Ю.</i> Разработка технологии комбинированной выемки руд сложноструктурных месторождений.....	485
<i>Русских А.П., Корнилов С.В., Харисов Т.Ф., Авдеев А.Н.</i> О процедуре расчёта параметров буровзрывных работ, основанной на экспресс-оценке параметров дробимости пород массива.....	496
<i>Рыльников А.Г., Шадрин А.Г., Головей С.И., Артюшин А.К.</i> К вопросу обоснования шага передвижки перегрузочных пунктов при циклично-поточной технологии на открытых горных работах.....	505
<i>Сафронюк В.П., Сафронюк В.В., Зайцев Ю.В.</i> Формирование интеллектуального аппарата для принятия решений по проектированию добычных работ.....	514
<i>Кузнецов В.Д., Яковлев С.С.</i> Разработка устройства вытяжки с локальным утонением стенки для формирования оболочек с продольными ребрами.....	527
<i>Кузнецов В.Д., Яковлев С.С.</i> Новый способ получения оболочек с продольными наружными ребрами.....	533
<i>Федорин В.А., Клишин В.И., Котырева Е.Н.</i> Комбинированная технология газификации угольных пластов Кузбасса.....	539
<i>Мальшичева Н.Н., Нефёдов В.Е.</i> Влияние параметров охраняемых сооружений с использованием НРС на их несущую способность.....	548
<i>Еремин Н.А., Еремича П.Н.</i> Петромодерн.....	568
<i>Чиркин А.А.</i> Методологический подход к определению технического уровня передвижных дробильно-перегрузочных установок.....	573