

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетінің
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

ШМУ ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК ПГУ

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 1811-1858

№ 1 (2020)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

Энергетическая серия

выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВОО постановке на учет, переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 17022-Ж

выдано

Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан

Тематическая направленностьпубликация материалов в области электроэнергетики, электротехнологии,
автоматизации, автоматизированных и информационных систем,
электромеханики и теплоэнергетики**Подписной индекс – 76136****Бас редакторы – главный редактор**

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Нефтисов А. В., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Шапкенов Б. К., *к.техн.н., профессор***Редакция алқасы – Редакционная коллегия**

Алиферов А. И., *д.т.н., профессор (Россия)*
 Боровиков Ю. С., *д.т.н., профессор (Россия)*
 Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*
 Горюнов В. Н., *д.т.н., профессор (Россия)*
 Говорун В. Ф., *д.т.н., профессор*
 Бороденко В. А., *д.т.н., профессор*
 Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*
 Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*
 Марковский В. П., *к.т.н., доцент*
 Хацевский В. Ф., *д.т.н., профессор*
 Шокубаева З. Ж. *технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник ПГУ» обязательна

МАЗМҰНЫ**Айтимова У. Ж., Ораз Қ. Е.**

Мал шаруашылығында IT-технологияларды енгізу15

Акашев З. Т., Мехтиев А. Д., Булатбаев Ф. Н., Булатбаева Ю. Ф.Жұмыс төсемінің белгіленген қозғалыс режимі кезінде
пластиналы конвейердің тиелуін талдау23**Акашев З. Т., Булатбаев Ф. Н., Мехтиев А. Д., Булатбаева Ю. Ф.**Көпқұрамды крутонаклонды пластиналы конвейер – эскалатордың
параметрлерін таңдау және есептеу34**Акашев З. Т., Булатбаев Ф. Н., Мехтиев А. Д., Булатбаева Ю. Ф.**Тақтайша конвейерлерді жүктеу кезінде туындайтын динамикалық
жүктемелерді зерттеу46**Акимбеков Е. Т.**Ақпараттық қауіпсіздікті ұйымдастырудың физикалық қағидалары
бойынша құпиялықты бұзу қаупінен қорғау60**Анарбаев А. Е., Әбілқасым К. Т.**Arduino платформасында жасалған дисплей бар
автоматтандырылған рюкзак72**Анисимов Ю. В., Рожков В. И.**Кернеуі 110–35 кВ күштік трансформаторлардың
қорғаныстарын тиімділігін бағалау80**Атанов С. К., Муканова Ж. А.**Кедергіге ұшыраған деректерді өңдеу алгоритмін
бағдарламалық іске асыру87**Базарханов А. Ж., Касанова А. Ж.**Шикі мұнайды айыру жүйесінің жылу интегралдық схемасын жобалау
және оңтайландыру (әдеби шолу)98**Бакибаев А. А., Джантимирова З. Ж., Елубай М. А.**Техникалық резеңке қалдықтарымен битумдарды
модификациялауды зерттеу106**Бокижанов Г. И., Бокижанова А. Г., Дужилова С. Н.**Айнымалы ток МГД генератор арқылы
электр стансының пайдалы әрекет коэффициентті көтеру112**Болатова А. Б., Хамитова Г. Ж., Абишев К. К.,****Касенов А. Ж., Хусан Б.**
Астынатүсу қабатты жүйемен пайдалы қазбалар
кенорындарын өңдеу кезінде жерасты құрылысы конструкциясының
сенімділік параметрлері120**Булатбаев Ф. Н., Мехтиев А. Д., Булатбаева Ю. Ф.**Шахталық көтергіш машиналардың болат құрылымдарын жетілдіру
және олардың металл сыйымдылығын төмендету130

**А. Б. Болатова¹, Г. Ж. Хамитова²,
К. К. Абишев³, А. Ж. Касенов⁴, Б. Хусан⁵**

¹к.т.н., доцент, Технический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан;

²к.т.н., доцент, Горно-технологический институт, Жезказганский университет имени О. А. Байконурова, г. Жезказган, 100600, Республика Казахстан;

³к.т.н., профессор, Факультет металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁴к.т.н., профессор, Факультет металлургии, машиностроения и транспорта, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

⁵докторант, Горный факультет, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100029, Республика Казахстан
e-mail: ¹bolatova_ainash@mail.ru; ³a.kairatolla@mail.ru

ПАРАМЕТРЫ НАДЕЖНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ОТРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НИСХОДЯЩЕЙ СЛОЕВОЙ СИСТЕМОЙ

В статье рассматривается вопрос определения параметров, необходимых для аналитических расчетов надежности конструкции подземных сооружений при отработке твердых полезных ископаемых нисходящей слоевой системой разработки. Впервые аналитические параметры сведены воедино и доказано, что их основные параметры среды являются статистическими, представленными случайными величинами и случайными функциями, в этой связи определение надежности подземных конструкций особенно при слоевой выемке руд с закладкой является сложной самостоятельной выделенной проблемой, которая в полном объеме нами не рассматривается. В статье данный вопрос поставлен как решение задач надежности подземных сооружений при подземной добыче руды.

Ключевые слова: подземные сооружения, горные выработки, разработка месторождений, закладочный массив, отработка залежей, прочность пород.

ВВЕДЕНИЕ

При разработке твердых полезных ископаемых подземным способом создается сложная система подземных сооружений, представленная протяженными горными выработками, различно ориентируемыми в пространстве. Сеть горных выработок любого рудника или шахты вместе с выемочными участками (ВУ) представляет сложное инженерное сооружение, которое естественно нуждается в оценке уровня его надежности на интервале времени его функционирования для безопасной добычи полезных ископаемых. Ясно, что весьма высокий уровень надежности подземных сооружений, обеспечивающий нормальное их состояние даже за пределами сроков отработки месторождения не нужен и обходится очень дорого. С другой стороны, недостаточный уровень надежности тех же сооружений на период отработки месторождения приводит к понижению уровня безопасности горных работ, авариям, травмам, рискам и гибели горнорабочих.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

При разработке рудных месторождений подземным способом оформляется большое количество подземных горных выработок, целиков, различной формы и назначения, охранных целиков под застроенными территориями, в том числе искусственных, создаваемых из закладочных массивов.

Условие потери устойчивости различных целиков может быть представлено пересечением двух случайных величин: функция распределения нормальных к сечению целика напряжений в наименьшем его диаметре или ширине, МПа и функция распределения прочности пород целика на сжатие, МПа.

Помимо катастрофических отказов и рисков при разработке месторождения подземным способом возникают отказы, к числу которых мы относим наиболее часто проявляющиеся:

- разрушение одиночных столбчатых или ленточных целиков;
- потеря устойчивости приконтурного массива на груди забоя и с боков выработок;
- обрушение кровли выработок.

Потеря устойчивости приконтурного массива прогнозируется путем пересечения случайных величин $\psi(\sigma_n)$ и $\varphi(\sigma_{np})$: функций распределения напряжений, перпендикулярных к груди забоя и бокам горных выработок и прочности пород на разрыв. Аналогичным образом определяется вероятность обрушения пород кровли.

В принципе случайные величины $\varphi(S), \psi(S')$ могут быть распределены по любому известному закону, параметры которых можно определить либо теоретически методом статистических испытаний, либо экспериментально.

Рассмотрим главные параметры, необходимые для аналитических расчетов.

Таблица 1 – Параметры, необходимые для аналитических расчетов

№	Наименование характеристик и параметров	Условные обозначения	Ед.измерения	Детерминированная или случайная величина
1	2	3	4	5
Породный массив				
1	Плотность пород	γ	т/м ³	случайная
2	Коэффициент Пуассона	μ	-	"-
3	Модуль упругости	E	МПа	"-
4	Крепость пород по М.М. Протодяконову	f	-	"-
5	Коэффициент концентрации напряжений в зоне максимума опорного давления	k	-	"-
6	Протяженность зоны опорного давления от обнаженной поверхности массива до максимума	L	м	"-
7	Нормальные напряжения на груди забоя	σ_z	МПа	"-
8	Прочность пород в массиве на сжатие	$\sigma_{сж}$	МПа	"-
9	Прочность пород в массиве на растяжение	τ_p	МПа	"-
10	Угол падения залежи к горизонту	α	град.	"-
11	Коэффициент горизонтальных тектонических напряжений	$K_T = \frac{\sigma_H}{\gamma H}$	-	"-
12	Коэффициент вертикальных тектонических напряжений	$K_T = \frac{\tau_x}{\gamma H}$	-	"-
13	Коэффициент сейсмических напряжений	$K_c = \frac{\sigma_c}{\gamma H}$	-	"-
14	Упругие нормальные напряжения	$\sigma_{сж}$	МПа	"-
15	Упругие касательные напряжения	$\tau_{сж}$	МПа	"-
16	Упругие нормальные тектонические напряжения	σ_T	МПа	"-

17	Упругие касательные тектонические напряжения	τ_T	МПа	"-
18	Упругие нормальные сейсмические напряжения	σ_c	МПа	"-
19	Упругие касательные сейсмические напряжения	τ_c	МПа	"-
Технологическая система				
20	Тип системы разработки	X_1	качественная характеристика	детерминир.
21	Способ отбойки горной массы от массива	X_2	"-	"-
22	Размеры целиков: – ширина – длина	l_1 l_2	м м	"-
23	Размеры панелей – ширина – длина	L_1 L_2	м м	"-
24	Глубина скважин, перпендикулярных к груди забоя	L_0	м	"-
25	Способ предварительной подготовки породного массива к выемке	X_3	качественная	"-
26	Способ взрывания скважин	X_4	"-	"-
27	Паспорт бурения шпуров, их заряжения (тип ВВ)	X_5	"-	"-
28	Глубина разработки залежи по кровле	H	м	"-

Резюмируя содержательное состояние приведенных 28 параметров и характеристик естественного и искусственного горных массивов (среды) и технологической системы разработки рудных тел (агрегатов), особенно слоевыми системами с закладкой, следует отметить:

- основные параметры среды являются статистическими, представленными случайными величинами и случайными функциями;

- в этой связи определение надежности подземных конструкций особенно при слоевой выемке руд с закладкой является сложной самостоятельной вычлененной проблемой, которая в полном объеме нами не рассматривается;

- управляемые переменные технологических систем разработки рудных тел с закладкой выработанного пространства и с сооружением искусственных потолочин и целиков представлены, в основном, качественными характеристиками, что еще более усложняет решение проблемы прогнозирования надежности подземных конструкции.

К теории определения надежности системы разработки для предотвращения рисков аварий при подземной добыче руды.

Основополагающими параметрами для исследования надежности (устойчивости) искусственной бетонной кровли и искусственного массива, поддерживающего кровлю камер являются σ_p – предел прочности массива закладки на растяжение определяется в лабораторных условиях

$$\sigma_p = \frac{(1 + \kappa_n) \gamma_3 L^2}{10^6 h_n}, \text{ МПа или тс/м}^2 \quad (1)$$

где κ_n – коэффициент запаса прочности;

γ_3 – удельный вес закладочного массива, тс/м²;

L – пролет камеры, м;

h_n – высота слоя закладки, м.

Нагрузка на искусственную потолочину закладки, которая работает на растяжение массива. Эту величину рекомендуется определять по формуле проф. Н. С. Булычева

$$P = \frac{\gamma_3 b - C}{\lambda \operatorname{tg} \varphi} \left[1 - \exp \left(-\lambda \frac{H}{b} \operatorname{tg} \varphi \right) \right], \text{ тс/м}^2 \quad (2)$$

Поскольку из общих теоретических исследований вытекает следствие о чрезвычайных математических трудностях вычисления в явном виде критериев надежности при пересечении случайной функции среды и случайной величины агрегата, то в дальнейшем рекомендуется упростить задачу и вывести достаточно надежные и простые расчётные формулы и алгоритмы.

Лабораторные исследования прочностных характеристик закладочного массива позволяют оценить их в течение всего периода твердения и нормальной работы в виде двух составляющих:

– прочность закладочного массива на сжатие (по образцам) – $\sigma_{сж, j}$;

– прочность закладочного массива на разрыв (по образцам) – $\sigma_{р, j}$, где

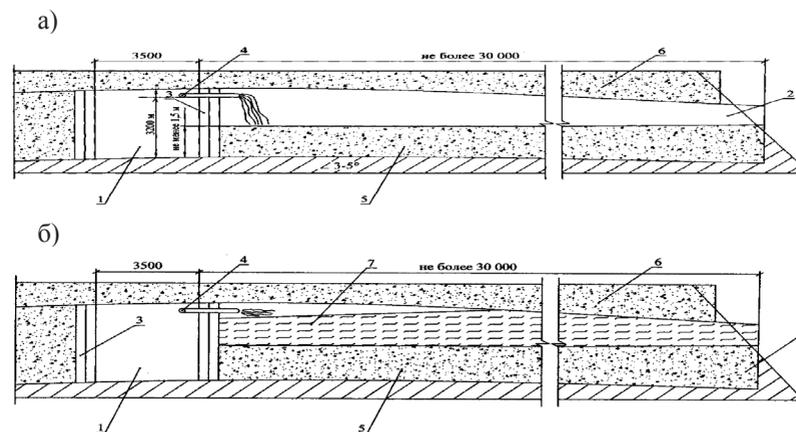
j – интервалы времени, которые лучше представлять в виде таблиц.

Следует обратить внимание на то, что отработка залежей ценных руд производится нисходящими слоями, когда техника и люди работают в камере с искусственным массивом кровли. Ясно, что надежность кровли (закладки) должна быть достаточно высокой.

Практически на всех горнодобывающих предприятиях для обеспечения устойчивости искусственной кровли в очистных заходках и нарезных слоевых выработках применяют различные виды инвентарной крепи: стойки

с подхватами, рамы, арочную крепь или армировку искусственного массива (особенно на сопряжениях).

В основу разработки нового типа армировки искусственной кровли на Бакырчикском руднике, положены принципы штангования слоистого искусственного массива, испытывающего усилия от собственного веса слоя непосредственной кровли и удержания отслоившихся её элементов жёсткой металлической сеткой. При этом решается задача повышения безопасности ведения горных работ, за счёт подхвата всей площади обнажаемого закладочного массива, исключения выпадения его отслоившихся и растрескавшихся кусков.



- 1 – разрезной штрек; 2 – заходка; 3 – перемычка;
- 4 – закладочный трубопровод;
- 5 – нижний несущий слой закладочного массива;
- 6 – искусственная кровля; 7 – твердеющая смесь.

а) создание несущего слоя закладки; б) создание слоя дозаливки

Рисунок 1 – Схема подачи твердеющей смеси

В отработываемом блоке подготавливается выработка с параметрами (высота×ширина) – 3,5×4 м. На почву выработки, на подсыпку из рудной мелочи высотой 100 мм и над этой рудной мелочью на высоте порядка 50 мм укладывают металлическую сетку, с параметрами ячеек 100×100 мм. Демонстрация такой армировки показана на рисунке 2.



а) вид армировки на почве слоя перед закладкой



б) вид армировки после укладки несущего слоя.

Рисунок 2 – Формирование искусственного массива с вертикальной штанговой армировкой и жёсткой металлической сеткой у почвы

Металлическая сетка представляет жестко сваренную конструкцию, укладываемую поперёк выработки полосами 4000×1200 мм. Вдоль выработки на высоте 2800 мм закрепляется железная проволока диаметром 6 мм.

Перед закладкой заходки в устье её устанавливают изолирующую перемычку. При длине заходок более 25 м следует устанавливать промежуточные технологические перемычки высотой не менее двух метров, препятствующие расслаиванию смеси при растекании под углом 3–5°. Закладку заходок производят так, чтобы высота твердеющей смеси, поданной за один прием, была не менее 1,5 м. После схватывания твердеющей смеси в несущем слое заполняют оставшуюся часть выработанного пространства. Перерыв между первой и второй дозами должен быть не менее 15±20 часов.

ВЫВОДЫ

Получены аналитические параметры для определения надежности подземных сооружений для безопасного ведения горных работ, в частности для искусственных закладочных массивов. Эффективная производительность рудника зависит от технологии добычи, бесперебойной работы техники и безопасности труда. Практически, безопасность на каждом этапе добычи и транспортировки руды, прямо пропорционально эффективности производительности рудника.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Рогов, Е. И., Рогов, С. Е., Рогов, А. Е.** Начало основ теории технологии добычи полезных ископаемых. – Алматы, 2001. – 223 с.

2 **Музгина, В. С.** Оптимизация составов многокомпонентных смесей для комбинированной закладки в малоотходных технологиях добычи – переработки руды: автореф. доктор технических наук: 25.00.22. – Алматы : Комплекс, 2003.

3 **Ананин, А. И., Диденко, А. В., Болатова, А. Б.** Обеспечение устойчивости искусственной кровли при нисходящей слоевой системе разработки // Труды международной научно-методической конференции «Инновационные технологии в образовании и науке» – Т. 2. – Усть-Каменогорск, 2006. – С. 10–13.

Материал поступил в редакцию 26.03.20.

А. Б. Болатова¹, Г. Ж. Хамитова², К. К. Абишев³, А. Ж. Касенов⁴, Б. Хусан⁵

Астына түсу қабатты жүйемен пайдалы қазбалар кен орындарын өңдеу кезінде жерасты құрылысы конструкциясының сенімділік параметрлері

¹Техникалық факультет,

С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы;

²Тау-кен технологиялық институты,

Ө. А. Байқоңыров атындағы Жезқазған университеті,
Жезқазған қ., 100600, Қазақстан Республикасы;

^{3,4}Металлургия, машина жасау және көлік факультеті,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы;

⁵Тау-кен факультеті,
Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,
Қарағанды қ., 100029, Қазақстан Республикасы.
Материал 26.03.20 баспаға түсті.

*A. B. Bolatova*¹, *G. Zh. Khamitova*², *K. K. Abishev*³, *A. Zh. Kasenov*⁴,
*B. Husan*⁵

Parameters of the underground structures reliability during the mining of mineral deposits with a descending layer system

¹Technical Faculty,
S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,
Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan;

²Institute of Mining and Technology,
Zhezkazgan Baikonurov University,
Zhezkazgan, 100600, Republic of Kazakhstan;

^{3,4}Faculty of Metallurgy, Mechanical Engineering and Transport,
S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan;

⁵Mining Faculty,
Karaganda State Technical University,
Karaganda, 100029, Republic of Kazakhstan.

Material received on 26.03.20.

Мақалада қатты пайдалы қазбаларды игерудің төмендеу қабатты жүйесімен оңдеу кезінде жерасты құрылысы конструкциясының сенімділігінің аналитикалық есептеулері үшін қажетті параметрлерді анықтау мәселесі қарастырылады. Бірінші рет аналитикалық параметрлер бір-біріне біріктірілді және олардың негізгі орта параметрлері кездейсоқ шамалар мен кездейсоқ функциялармен ұсынылған статистикалық болып табылатындығы дәлелденді, осыған байланысты жер асты конструкцияларының сенімділігін анықтау, әсіресе Кенді қабатпен қазу кезінде, қалаумен күрделі дербес ажыратылған проблема болып табылады, ол толық көлемде біз қарамайтын. Мақалада бұл мәселе кенді жерасты өндіру кезінде жер асты құрылыстарының сенімділігін шешу ретінде қойылған.

The article deals with the problem of determining the parameters necessary for analytical calculations of the reliability of the structure in the construction during the development of solid minerals by the downstream

layer development system. For the first time the analytical parameters are brought together and proved that their main parameters of the medium are statistical, represented by random variables and random functions, in this regard, the determination of the reliability of underground structures, especially in the case of layered excavation of ores with a stowing is a complex independent isolated problem, which is not fully considered by us. In the article, this question is posed as a solution to the problems of reliability of underground structures in underground ore mining.

Теруге 26.03.2020 ж. жіберілді. Басуға 31.03.2020 ж. қол қойылды.
Пішімі 70x100 $\frac{1}{16}$, Кітап-журнал қағазы.
Шартты баспа табағы 29,1. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген: А. Елемесқызы
Корректорлар: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас
Тапсырыс № 3584

Сдано в набор 26.03.2020 г. Подписано в печать 31.03.2020 г.
Формат 70x100 $\frac{1}{16}$. Бумага книжно-журнальная.
Усл. печ. л. 29,1. Тираж 300 экз. Цена договорная.
Компьютерная верстка: А. Елемесқызы
Корректоры: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас
Заказ № 3584

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған
С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы
С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
67-36-69
e-mail: kereku@psu.kz
www.vestnik.psu.kz