



УДК 622

ДИНАМИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ БЛОКА КРОВЛИ: АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

Умрихина В. Ю.

sgp1612@yandex.ru, gdb@kuzstu.ru

Научный руководитель: Буялич Геннадий Даниилович, д. т. н., проф.,
*Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева, г. Кемерово, Россия*

В статье рассматривается процесс хрупкого разрушения пород, вопросы частот и форм собственных колебаний, а также моделирование динамических явлений при вторичных осадках кровли в очистных забоях угольных шахт.

Ключевые слова: Кровля, динамические колебания блока кровли, реакция крепи, динамические проявления горного давления, обрушение

При отработке угольных пластов в сложных горно-геологических условиях с труднообрушаемыми кровлями нередко происходит процесс хрупкого разрушения пород, который может сопровождаться динамическими проявлениями горного давления.

Многие угольные предприятия в России работают в условиях труднообрушаемых кровель. По некоторым данным, в России около 100 таких предприятий, из них примерно половина – работают в условиях удароопасных пластов. Работа в таких условиях относится к особо сложным, что ведет к ряду проблем, таких как зависание основной кровли на больших площадях с последующим хрупким обрушением вышележащих пород, а также динамическое воздействие внешней нагрузки на металлоконструкцию крепи. Перечисленные проблемы нередко приводят к поломкам металлоконструкций механизированной крепи, внезапному выбросу метана, а также к аварийным ситуациям на предприятиях, что порой требует нестандартных подходов для их решения. В связи с этим анализ динамических проявлений горного давления при выполнении работ в подземной очистной выработке относится к числу наиболее важных проблем [1–5], что подтверждается в исследованиях различных авторов [6–10]. В данных исследованиях были определены основные подходы динамических колебаний кровли методом конечных элементов.

Первым шагом в работах [11–17] была предпринята попытка описать процесс динамического воздействия блока кровли на крепь сразу после



хрупкого разрушения пород математически с применением неоднородного дифференциального уравнения четвертого порядка, после чего были выполнены расчеты и получены формы и амплитуды динамического колебания блока кровли при различных параметрах и размерах нависающих блоков, физико-механических свойствах, а также реакции крепи.

Вторым шагом было описание состояние непосредственной кровли при вторичных осадках методом конечных элементов и построение модели, решение которой выполнялось в два этапа.

На первом этапе рассчитывалась схема модели перед хрупким разрушением непосредственной кровли при распределённой нагрузке крепи. Полученные деформированное и напряженное состояния модели непосредственной кровли в момент перед хрупким разрушением представлены на рис. 1.

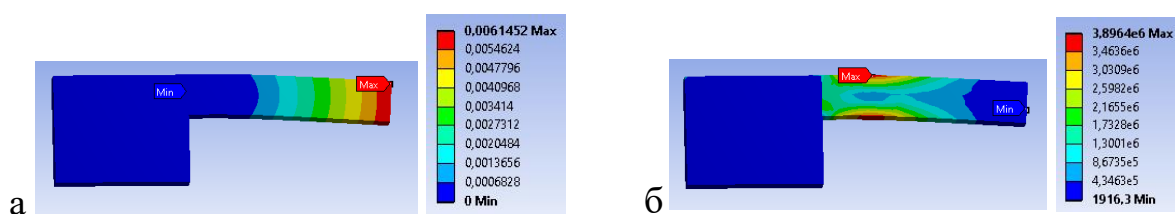


Рис. 1. а) деформированное состояние непосредственной кровли,
б) напряженное состояние перед хрупким разрушением

Для расчета второго этапа, полученные данные смещений блока кровли на первом этапе были приняты исходными данными, и левая сторона правой консольной балки непосредственной кровли была жестко не закреплена. Полученные результаты деформированного и напряженного состояния модели непосредственной кровли после её хрупкого разрушения на втором этапе представлены на рис. 2.



Рис. 2. а) деформированное состояние в момент после хрупкого разрушения,
б) напряженное состояние в момент после хрупкого разрушения

Процесс деформирования и напряжения в максимальной точке изображены на рисунке 3, из которого видно, что на крепь очистной выработки со стороны кровли действует сила, которая носит колебательный характер.

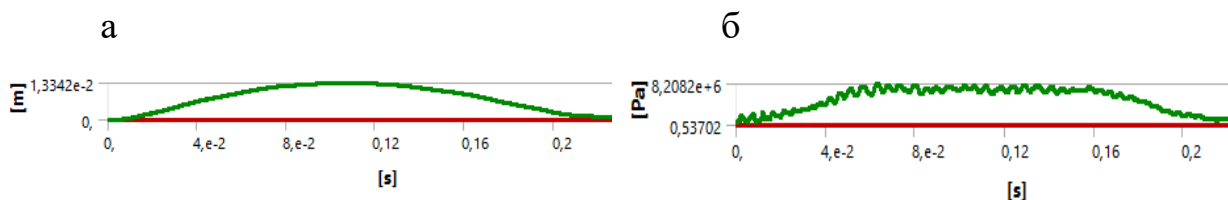


Рис. 3. а) Фрагмент процесса деформирования в точке max ,
б) процесс изменения напряжения в точке max

На основании данных полученных в результате математического расчета и метода конечных элементов можно сделать вывод, что дальнейший анализ колебания блока кровли, в зависимости от различных силовых и геометрических параметров крепи, а также физико-механических свойств и размеров блока кровли позволит выявить характер колебаний с целью уменьшения динамического воздействия на крепь, а также повышения надёжности и работоспособности крепи, способствующей повышению безопасности в угольных шахтах.

Полученные результаты могут быть использованы как в научных исследованиях, так и для применения в практической деятельности на горных предприятиях, что подчеркивает их значимость и актуальность в современном горном деле.

Список литературы

1. Буялич, Г. Д. Оценка характера взаимодействия крепи с труднообрушаемой кровлей // Совершенствование технологических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых: сб. науч. тр. – Кемерово, 1995. – № 9. – С. 35–37.
2. Буялич, Г.Д. Экспериментально-теоретическая оценка и обоснование параметров механизированных крепей для сложных горно-геологических условий пологих угольных пластов: автореферат дис. ... док-р техн. наук: 05.05.06 / Г.Д. Буялич. – Кемерово, 2004. – 32 с.
3. Буялич, Г.Д. Исследование работы предохранительного клапана ЭКП в период резких осадок кровли / Г. Д. Буялич, Ю. М. Леконцев, Б. А. Александров // Механизация горных работ: межвуз. сб. науч. тр. – Кемерово, 1978. – Вып. 2. – С. 49–55.
4. Буялич, Г. Д. О модели динамического взаимодействия крепи с кровлей / Г. Д. Буялич, Ю. А. Антонов, К. Г. Буялич, М. В. Казанцев, В. М. Римова // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2012: материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф., Кемерово, 1–2 нояб. 2012 г. В 2-х т. Т. 1. – Кемерово, 2012. – С. 149–153.
5. Буялич, Г. Д. Механизм взаимодействия механизированных крепей с кровлями угольных пластов / Г. Д. Буялич, Ю. А. Антонов, В. И. Шейкин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2012. – Отд. вып. 3: Горное машиностроение. – С. 122–125.
6. Пак, Г. А. Шаг обрушения основной кровли и прогноз газовыделения на шахтах Карагандинского бассейна / Г. А. Пак, В. Н. Долгоносков // Уголь. – 2015. – № 4. – С. 76–79.



7. Коровкин, Ю. А. Механизированные крепи очистных забоев / Под ред. Ю. Л. Худина. – М: Недра, 1990. – 413 с.
8. Фофанов, А. А. К вопросу о частотах колебаний пород основной кровли при вторичных обрушениях / А. А. Фофанов, В. В. Дырдин // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2012. – № 3. – С. 9–12.
9. Иванов, Д. В. Введение в Ansys Workbench / Д. В. Иванов, А. В. Доль // Учеб.-метод. пособие для студентов естественно-научных дисциплин. – Саратов: Амирит, 2016. – 56 с.
10. Буялич, Г. Д. Математическая модель процесса динамического обрушения кровли / Г. Д. Буялич, Ю. А. Антонов, К. Г. Буялич, М. В. Казанцев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2012. – № S7. – С. 233–237.
11. Буялич, Г. Д. Математическое моделирование динамических явлений при обрушении кровли / Г. Д. Буялич, К. Г. Буялич, В. Ю. Умрихина // Перспективные направления развития отечественных информационных технологий: материалы II межрегиональной научно-практической конференции. – Севастополь, 2016. – С. 73–74.
12. Буялич, Г. Д. Определение характера и величины воздействия колебаний кровли на крепь / Г. Д. Буялич, В. Ю. Умрихина // Инновационные технологии и экономика в машиностроении: сб. тр. V Междунар. науч.-практ. конф., Юрга, 21–23 мая 2015 г. – Томск: Изд-во Том. политехн. ун-та, 2015. – С. 441–444.
13. Буялич, Г. Д. Моделирование динамических колебаний блока кровли / Г. Д. Буялич, К. Г. Буялич, В. Ю. Умрихина // Инновации в технологиях и образовании: сб. ст. VII Между-нар. науч.-практ. конф., Белово, 28–29 марта 2014 г. в 4 ч. Ч. 1. – Белово, Велико Тырново: Изд-во филиала КузГТУ в г. Белово, изд-во ун-та «Св. Кирилла и Св. Мефодия, 2014. – С. 115–119.
14. Буялич, Г. Д. О форме динамических колебаний блока кровли при реакции крепи в виде сосредоточенной силы / Г. Д. Буялич, К. Г. Буялич, В. Ю. Умрихина // Перспективы инновационного развития угольных регионов России: сб. тр. IV Междунар. науч.-практ. конф., Прокопьевск, 4–5 марта. 2014 г. – Прокопьевск: изд-во филиала КузГТУ в г. Прокопьевске, 2014. – С. 133–134.
15. Calculation of fluctuations in secondary roof collapses / Buyalich G. D., Buyalich K. G., Umrikhina V. Y. // MINER'S WEEK – 2015: Reports of the XXIII international scientific symposium. – 2015. – С. 520–525.
16. Буялич, Г. Д. О динамических колебаниях блока кровли при реакции крепи в виде распределенной нагрузки / Г. Д. Буялич, К. Г. Буялич, В. Ю. Умрихина // Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности: сб. тр. XVI Междунар. науч.-практ. конф., Кемерово, 7–10 окт. 2014 г. [Электронный ресурс] – Кемерово: СО РАН, КемНЦ СО РАН, ИУ СО РАН, Кузбас. гос. техн. ун-т, ООО КВК «Экспо-Сибирь», 2014. – 1 электрон. опт. диск (CD–ROM). – Загл. с этикетки диска. – С. 108–110.
17. Буялич, Г. Д. Численное моделирование динамических колебаний кровли при ее обрушении / Г. Д. Буялич, К. Г. Буялич, В. Ю. Умрихина // Актуальные проблемы современного машиностроения: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф., Юрга, 11–12 дек. 2014 г. – Томск: Изд-во Том. политехн. ун-та, 2014. – С. 199–202.



Белгородский
государственный
национальный
исследовательский
университет

ГОРНОЕ ДЕЛО: НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБРАЗОВАНИЕ

Сборник материалов
I Международной научно-практической конференции,

Белгород, 24–25 апреля 2025 года

2025

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Белгородский государственный национальный
исследовательский университет»

**ГОРНОЕ ДЕЛО:
НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБРАЗОВАНИЕ**

Сборник материалов
I Международной научно-практической конференции,
Белгород, 24–25 апреля 2025 года



Белгород 2025

УДК 622+556+504.06+378.14

ББК 33+26.88

Г 67

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом института наук о Земле
НИУ «БелГУ» (протокол № 1 от 07.05.2025)

Рецензенты:

Д.А. Зайцев, кандидат технических наук,
доцент кафедры прикладной геологии и горного дела НИУ «БелГУ»;

С.С. Серый, кандидат технических наук,
генеральный директор ОАО «ВИОГЕМ»

Г 67 Горное дело: новые технологии и образование : сборник
материалов I Международной научно-практической конференции,
Белгород, 24–25 апреля 2025 года / под ред. А.Г. Нарожней. – Белгород :
ЦПП ИД БелГУ НИУ «БелГУ», 2025. – 164 с. – URL :
<http://dspace.bsuedu.ru/handle/123456789/65455>. – Текст: электронный.

ISBN 978-5-9571-3918-8

В сборнике материалов научной конференции рассматриваются вопросы современного развития горной науки и технических средств с применением цифровых технологий для решения комплекса задач осушения месторождений, обеспечения водными ресурсами промышленных объектов и регионов, геомеханического обеспечения безопасности ведения открытых и подземных горных работ и обогащения полезных ископаемых, а также внедрение в практику новых образовательных технологий для подготовки горных инженеров, геологов, экологов, специалистов в области охраны труда и промышленной безопасности.

Сборник рассчитан на широкий круг научных работников, специалистов-экологов, преподавателей высшего и среднего образования, аспирантов и всех интересующихся экологической проблематикой.

Минимальные системные требования

Yandex (20.12.1) или Google Chrome (87.0.4280.141) и т. п.
скорость подключения – не менее 5 Мб/с, Adobe Reader и т. п.

УДК 622+556+504.06+378.14

ББК 33+26.88

ISBN 978-5-9571-3918-8

© НИУ «БелГУ», 2025

СОДЕРЖАНИЕ

Горное дело и разработка месторождений твердых полезных ископаемых	6
Верейтин Н. А. Анализ изучения физико-технологических характеристик аллювиальных песков на участке возле с. Принцевка (Белгородская область).....	6
Власов Н. С. Инновационные технологии в буровзрывном деле: применение автоматизированных систем управления для повышения безопасности и эффективности горных работ	10
Голубничий Д. В. Анализ параметров переборов пород и руд при проходке выработок и слоевых заходов на руднике Яковлевского ГОК.....	15
Ермолович Е. А., Овчинников А. В., Гавриш В. О. Влияние компрессионной нагрузки на проницаемость рудного массива	20
Ермолович О. В. Влияние резинового порошка на величину относительной деформации усадки твердеющего закладочного массива	26
Зайцев Д. А., Донецкий С. В., Верейтин Н. А. Опыт участия в развитии сферы недропользования на территории Белгородской области	31
Квачев В. Н., Леонтьева Е. В. Современные требования к гидрогеологическому обеспечению горнодобывающих предприятий	36
Крючков И. С., Агарков И. Б., Стороженко Е. А. Расчет параметров БВР на основе показателей энергоемкости бурения	40
Кушнерчук В. В., Хаустов В. В. О развитии подземного дренажного комплекса АО «Михайловский ГОК им. А.В. Варичева».....	44
Умрихина В. Ю. Динамические колебания блока кровли: анализ и моделирование.....	49
Экономические проблемы недропользования	53
Мининг С. С. Геологическая деятельность и недропользование в современных условиях	53
Геоэкология	58
Боровлев А. Э. К вопросу учета и нормирования выбросов многокомпонентной пыли металлургического производства.....	58

Васильев Н. А. Применение цифровых технологий в управлении лесными территориями для рекреационных целей на примере Прохоровского района Белгородской области	63
Голеусов П. В. Опыт создания карбоновых ферм на промышленных землях ЛГОК	70
Дитяткина Д. В. Роль и место городских парков в общественном пространстве города Белгорода.....	72
Донецкий С. В. Перспективы использования вскрышных и вмещающих пород в условиях изменения законодательства	78
Коломейцева Я. В. Оценка ландшафтного и биологического разнообразия Лапландского государственного биосферного заповедника как ключевой территории Русского севера.....	82
Палтышева Е. В. Кольское заполярье в туристическом пространстве Русского севера (на примере Мурманской области)	88
Скрипка А. А., Хаустов В. В. О причинах роста жёсткости воды на водозаборе «Чернь» АО «Михайловский ГОК им. А.В. Варичева»	92
Тараненко С. В. Анализ транспортной инфраструктуры города Белгорода и перспективы организации альтернативных веломаршрутов.....	97
Ткачев Е. В., Татаринцев Р. Ю. Анализ пожарной обстановки на землях лесного фонда на территории Белгородской области с 2018–2023 гг.	102
Эльман К. А. Специфика экологического мониторинга на действующих и закрытых участках горных работ.....	107
Мониторинг природных и природно-техногенных геосистем	111
Коржова Д. Г., Квачев В. Н., Леонтьева Е. В. Реконструкция и ретроспективный анализ системы мониторинга меловых подземных вод в северо-восточной части Донецко-Донского артезианского бассейна	111
Лепетюха Д. С., Храмцов Б. А., Лубенская О. А. Разработка программного обеспечения для расчета напряжений в массиве горных пород способом кольцевой щели.....	116
Нкунзимана Б., Хакешимана Ж. К. Типизация горно-геологических условий золоторудных месторождений Республики Бурунди.....	120

Полетаев А. О. Мониторинг процесса ренатурации растительного покрова на вскрышных породах горнорудных производств (на примере отвалов мелко-мергельных пород СГОК).....	125
Хакешимана Ж. К., Нкунзимана Б. Оценка горно-геологических условий месторождений никелевых руд в Республике Бурунди	132
Хуан Лихуа. Возможности космического зондирования для оценки изменений смешанных классов наземного покрова в зоне влияния железорудных карьеров Белгородской области	139
Флоран Б., Зайцев Д. А., Вереитин Н. А. Особенности распространения полезных ископаемых на территории Республики Конго (столица Браззавиль).....	144
Геоинформационные технологии и дистанционное зондирование в недропользовании	147
Бакланов Р. Р. К вопросу о способах уточнения геологической модели при проведении инженерно-геологических изысканий.....	147
Быхалов Э. Ю., Квачев В. Н., Леонтьева Е. В. Гидрогеологические особенности меловых подземных вод в северо-восточной части Донецко-Донского артезианского бассейна и их использование для целей водоснабжения	152
Образовательные технологии при подготовке горных инженеров	157
Игнатенко И. М., Полякова Т. А. Высшая инженерная школа НИУ «БелГУ».....	157
Щербинин Ю. В. Современные образовательные технологии при подготовке горных инженеров	160

*Научное электронное издание
сетевого распространения*

**ГОРНОЕ ДЕЛО:
НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБРАЗОВАНИЕ**

Сборник материалов
I Международной научно-практической конференции,
Белгород, 24–25 апреля 2025 года

Публикуется в авторской редакции

Оригинал-макет: О.Г. Томусяк
Обложка: Н.М. Сысоева
Выпускающий редактор: В.С. Берегова

Подписано к использованию 08.10.2025.
Гарнитура Times New Roman. Объем издания – 5,6 МБ
Оригинал-макет подготовлен в ЦПП НИУ «БелГУ»
308015 г. Белгород, ул. Победы, 85. Тел.: 30-14-48