

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР УГЛЯ И УГЛЕХИМИИ  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»  
(ФИЦ УУХ СО РАН)

просп. Советский, д. 18, г. Кемерово, 650000 Тел./факс (384-2) 36-34-62  
E-mail: [centr@coal.sbras.ru](mailto:centr@coal.sbras.ru) <http://www.coal.sbras.ru>

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГБНУ «Федеральный  
исследовательский центр угля и  
углехимии» Сибирского отделения  
Российской академии наук, канд. техн. наук

В.Н. Кочетков

« 04 » 05 2023 г.

### Отзыв ведущей организации

на диссертационную работу Евгения Анатольевича РАЗУМОВА  
«РАЗРАБОТКА АТЛАСА ВАРИАТИВНОСТИ СЦЕНАРИЕВ  
ФОРМИРОВАНИЯ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО  
СОСТОЯНИЯ МАССИВА В ОКРЕСТНОСТИ ПОДЗЕМНЫХ  
ВЫРАБОТОК», представленной на соискание ученой степени  
кандидата технических наук по специальности 2.8.6 – Геомеханика,  
разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная  
теплофизика

#### Актуальность диссертационной работы.

Подготовка выемочных полей и столбов на угольных шахтах России осуществляется посредством проведения системы подземных выработок, объём которых достигает 430 км в год. В связи с расширением области применения многоштрековой подготовки выемочных столбов и интенсификации их отработки по схеме шахта-пласт резко повышается актуальность увеличения скорости подвигания подготовительных забоев при обеспечении безопасных условий труда персонала. Однако создание и применение новых способов и средств крепления и поддержания подземных выработок сдерживается неравномерными темпами подвигания подготовительных забоев в условиях пространственной изменчивости горно-геологических условий. Для оперативного многовариантного управления технологией проведения выработок необходимо создать базу альтернативных вариантов способов и средств крепления и поддержания выработок с целью оценки и применения адаптивных вариантов к изменяющимся природным и техногенным условиям. В диссертации эта задача решается посредством заблаговременной разработки атласа

вариативности сценариев формирования напряжённо-деформированного состояния массива горных пород.

Однако для создания общей базы предикативной оценки напряжённо-деформированного состояния геомассива необходимо провести комплексные вычислительные и натурные эксперименты в широком диапазоне природных и техногенных условий. Автор успешно справился с этой актуальной научно-практической задачей, что подтверждено содержанием диссертации и опубликованных работ, выводами, рекомендациями, актами внедрения основных результатов исследований на угольных шахтах в условиях умеренного климата и многолетнемёрзлых пород.

Поэтому тема диссертации Разумова Е.А., посвящённая решению научно-технической задачи разработки атласа вариативности сценариев формирования напряжённо-деформированного состояния массива горных пород в окрестности подземных выработок для широкого диапазона природных и техногенных факторов, является актуальной и своевременной.

В диссертации обоснованы цель, которая практически совпадает с названием работы, что подтверждается содержанием диссертации, выводами и рекомендациями.

Идея работы, включающая использование выявленных закономерностей формирования напряжённо-деформированного состояния геомассива в окрестности подготовительных выработок для создания базы альтернативных вариантов геотехнологии крепления и поддержания выработок, в диссертации реализована, так как применение этих технологий обеспечивает эксплуатационную устойчивость выработок в широком диапазоне природных и техногенных условий. Это подтверждается успешным применением атласа вариативности сценариев на 12 шахтах России.

**В первой главе** диссертации автор провёл анализ эффективности традиционных и инновационных способов и средств обеспечения устойчивости подготовительных выработок угольных шахт и обосновал направления исследований, внедрение результатов которых позволит, с использованием атласа вариативности сценариев формирования напряжённо-деформированного состояния массива горных пород, устранить негативное влияние изменчивости природных и техногенных условий на показатели горнопроходческой системы угольной шахты.

По результатам анализа в первой главе обоснована актуальность работы, сформулированы цель, идея и задачи исследования.

**Во второй главе** диссертации для выявления закономерностей формирования напряжённо-деформированного состояния массива горных пород проведено количественное прогнозирование геомеханических параметров в окрестности подготовительных выработок. Для этого разработаны варианты геометрической модели массива горных пород с оцифровкой основных элементов системы очистных и подготовительных выработок.

Моделирование влияния основных природных и техногенных условий проведено посредством варьирования отдельных параметров факторов в базовых вариантах. Всего рассмотрено 84 варианта моделей, что подтверждает

не только большой объём исследований, но и возможность использования полученной информационной базы данных для создания атласа вариативности сценариев формирования напряжённо-деформированного состояния массива горных пород в окрестности подземных выработок.

В отличие от аналогичных работ предшественников в настоящей диссертации проведена калибровка моделей по результатам шахтных измерений, что повышает достоверность выводов и рекомендаций.

Новыми элементами методического подхода обоснования закономерностей деформирования пород в окрестности выработок является использование информационного обеспечения и база данных изменчивых природных и техногенных параметров исследуемого объекта.

Научная задача выявления по результатам вычислительных экспериментов закономерностей формирования напряжённо-деформированного состояния массива горных пород решена.

**В третьей главе** диссертации приведены результаты комплексных натурных и лабораторных исследований физико-механических свойств горных пород и структуры породного массива в окрестности подготовительных выработок на 12 подготовительных участках угольных шахт. Отличительной особенностью исследований является широкий диапазон горно-геологических и горнотехнических условий при проведении экспериментов, в том числе на шахтах, расположенных в зонах умеренного климата и вечной мерзлоты.

Методика исследований включала применение визуального обследования состояния выработок, эндоскопическое зондирование строения массива горных пород по кернам, георадиолокационные измерения отражённых от контактов пород импульсов, а также традиционные измерения смещений породных слоёв на реперных наблюдательных станциях. Среди полученных результатов измерений следует выделить систематизированные в виде базы данных и эмпирических зависимостей пределы прочности пород при сжатии и растяжении в условиях умеренного климата и вечной мерзлоты, графики зависимости смещений пород кровли от расстояния до очистных забоев. Результаты исследований обобщены, представлены в приложениях к диссертации и могут быть использованы специалистами шахт, а также в учебном процессе аспирантами и студентами.

**Четвёртая глава** диссертации посвящена созданию по результатам исследований атласа вариативности напряжённо-деформированного состояния массива горных пород. Е. А. Разумов провёл оригинальную интеграцию результатов вычислительного, натурального и лабораторного экспериментов и из общей совокупности полученных данных создал атлас вариативности, позволяющий при заданных горно-геологических и горнотехнических условиях принимать оптимальные решения по критериям обеспечения эксплуатационной устойчивости выработок и промышленной безопасности.

Такой оригинальный методический многофакторный подход реализован с использованием выявленных закономерностей влияния отдельных и комплекса природных и техногенных факторов на надёжность горнопроходческой системы горнодобывающего предприятия в условиях умеренного климата и

криолитозоны. Атлас представлен в виде таблиц, графиков, эмпирических зависимостей и доступен для практического использования без специальной подготовки пользователей.

**Основные научные положения** в виде утверждений логически следуют из результатов исследований.

**Первое научное положение** в виде утверждения, что параметры крепи подземных выработок в широком диапазоне горно-геологических условий выбираются из атласа вариативности возможных сценариев состояния массива горных пород возражений не вызывает, так как атлас вариативности включает результаты комплексных исследований геомеханических параметров, полученных посредством интеграции и обобщения результатов лабораторных, вычислительных и натуральных экспериментов.

Это научное положение подтверждено результатами апробации на угольных шахтах, что отражено в соответствующих документах, указанных в приложении к диссертации.

**Второе научное положение** подтверждает количественно критерии состояния горных пород на контуре выработки. Изменение коэффициента остаточной прочности пород  $K_{оп}$  в пределах 0,5-0,7 подтверждено результатами визуально-инструментального обследования на 12 подготовительных участках угольных шахт и количественной оценкой при численном моделировании геомеханических процессов. Соответствие расчётных и измеренных параметров коэффициента остаточной прочности доказано графиками и таблицами, представленными в приложении к диссертации.

**Третье научное положение** логически следует из результатов исследований распределения геомеханических параметров в окрестности подготовительных выработок, расположенных в зоне умеренного климата и криолитозоне. Установленные зависимости параметров зоны разгрузки от мощности пласта и температуры пород являются новыми и полезными для практики освоения недр северных территорий.

#### **Оценка новизны и достоверности научных результатов.**

Новизна результатов исследований подтверждается применением комплексных лабораторных, аналитических и натуральных исследований с использованием методического подхода настройки входных параметров математических моделей по экспериментальным данным. Такой синтетический подход для угольных шахт является новым, так как позволяет с использованием современных информационных технологий создать цифровой двойник горноподготовительной системы шахты и осуществлять автоматизированный выбор технологии и способов крепления выработок.

Достоверность полученных результатов исследований подтверждается использованием комплекса современных методов, приборов и методических подходов, а также современных информационных технологий, объёмом проведения исследований на 12 участках угольных шахт.

**Значимость для науки и производства результатов**, полученных соискателем, состоит в практической реализации атласа вариативности сценариев формирования напряжённо-деформированного состояния массива

горных пород, отличающегося пространственной изменчивостью неоднородной углепородной толщи. Атлас может быть полезным при создании новых вариантов технологических схем проведения и поддержания горных выработок при внедрении на угольных шахтах роботизированных средств и дистанционного управления технологическими процессами на высокогазоносных угольных пластах, опасных по динамическим явлениям.

Представлены три справки о внедрении результатов исследований от следующих предприятий: шахта «Имени В. Д. Ялевского» АО «СУЭК-Кузбасс» (Кемеровская область – Кузбасс), шахта «Чертинская-Коксовая» ООО «ММК-Уголь» (Кемеровская область – Кузбасс), шахта «Джебарики-Хая» ОА ХК «Якутуголь» (республика Саха (Якутия)). В документах отмечаются полученные положительные результаты, которые подтверждают актуальность, научную ценность для горной науки и практическую значимость результатов исследований.

Разработанный атлас вариативности рекомендуется для руководителей и специалистов организаций и их подразделений, занимающихся проектированием, строительством и эксплуатацией опасных производственных объектов угольной промышленности, на которых ведутся подземные горные работы – шахтах. Атлас может быть использован организациями и работниками, занимающимися расчётом параметров крепи горных выработок при разработке документации крепления и поддержания горных выработок.

**Личный вклад автора** подтверждается содержанием диссертации, объёмом и оригинальностью проведенных лабораторных, шахтных и аналитических экспериментов, новизной полученных результатов и обоснованными по этим результатам научными положениями, а также содержанием публикаций по теме диссертации. Анализ указанных источников свидетельствует о научной зрелости Разумова Евгения Анатольевича как ученого, знания и умения которого соответствуют требованиям, предъявляемым к кандидату технических наук. Соискатель проявил себя специалистом, способным на высоком уровне решать сложные задачи по управлению геомеханическими процессами в уникальной горнотехнической ситуации.

**Апробация результатов работы** проведена в объёме, достаточном для ознакомления широкой научной общественности с основными научными положениями и результатами, что подтверждается докладами на представительных семинарах и конференциях, в том числе молодёжных.

Публикации, отражающие основное содержание диссертации, представлены в достаточном объёме.

Научная общественность и специалисты горного направления имеют возможность ознакомиться с постановками, методологическими основами и результатами исследований Е. А. Разумова посредством изучения 12 опубликованных научных работ в научных изданиях, из них 8 в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ.

Предмет и объект исследований соответствуют паспорту специальности 2.8.6 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика.

Содержание диссертации полностью раскрыто в публикациях, а содержание автореферата отражает основное содержание диссертации.

### **Замечания.**

Положительно оценивая и отмечая несомненную практическую и научную значимость и полезность результатов исследований, полученных в диссертации, необходимо сделать следующие замечания:

1. Автореферат оформлен с отклонением от общепринятых норм, прописанных в ГОСТ Р 7.0.11. - 2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления», – отсутствуют сведения об организации, где выполнена работа, об оппонентах и ведущей организации (нарушение п. 25 Положения...), дате защиты и диссертационном совете, в котором предполагается защита, что затрудняет подготовку отзыва.

2. В работе не изучено влияние времени эксплуатации и скорости проведения подготовительных выработок, так как неравномерное подвигание подготовительного забоя в изменчивых горно-геологических условиях приводит к повышению риска запредельных деформаций и обрушения пород кровли.

3. В диссертации предложены эмпирические формулы (см. главы 3, 4) однако оценка достоверности получаемых по этим формулам результатов не представлена.

### **Заключение.**

Рассмотренная диссертация является научно-квалификационной работой, которая соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней в национальном исследовательском технологическом университете «МИСИС», а её автор Разумов Евгений Анатольевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика за разработку атласа вариативности сценариев формирования напряжённо-деформированного состояния массива в окрестности подземных выработок, имеющих существенное значение для геомеханики.

Диссертация и автореферат рассмотрены на заседании ученого совета Института угля ФИЦ УУХ СО РАН 04 мая 2023 г., протокол № 5.

Заместитель директора Института угля  
ФИЦ УУХ СО РАН по научной работе  
канд. техн. наук, доц.



А.Н. Стародубов

Ученый секретарь совета



А.А. Рябцев



Стародубов А.Н. Рябцев А.А.  
Иванова И.С.  
20\_\_ г.