

622.333
Ш 37



Проект «Наукова книга»

В.Г. ШЕВЧЕНКО, А.И. СЛАЩЕВ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ



НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ
ИНСТИТУТ ГЕОТЕХНИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ им. Н. С. ПОЛЯКОВА

В. Г. ШЕВЧЕНКО, А. И. СЛАЩЕВ

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ
СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ
И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ
ПОДЗЕМНЫХ
ГОРНЫХ РАБОТ**

*ПРОЕКТ «НАУКОВА КНИГА»
(МОЛОДІ ВЧЕНІ)*

КИЕВ НАУКОВА ДУМКА 2018

УДК 622.86: 622.831.31: 658.386

Монография посвящена решению актуальной научной задачи — установлению закономерностей и критериев оценки опасности развития геомеханических процессов в системе крепь—массив и обоснованию параметров информационных систем обеспечения оперативного принятия управленческих решений для безопасного ведения подземных горных работ и повышения их производительности. Определены сценарии распространения зон неупругих деформаций и изменения напряжений в породном массиве. Приведен метод рейтингования ресурсов по частоте их использования с учетом параметра нестабильности групп классов информационной системы безопасности. Изложены методические рекомендации по использованию информационной системы обеспечения безопасности ведения подземных горных работ с учетом геомеханического состояния породного массива. Разработанные имитационная модель и информационная система технологических процессов добычи угля позволяют моделировать работу угольной шахты как сложной технологической системы с глубокой детализацией.

Для специалистов в области безопасности технологий подземной разработки полезных ископаемых, а также преподавателей, аспирантов и студентов высшей школы соответствующих специальностей.

Монографія присвячена вирішенню актуального наукового завдання — встановленню закономірностей і критеріїв оцінки небезпеки розвитку геомеханічних процесів у системі кріплення—масив і обґрунтуванню параметрів інформаційних систем забезпечення оперативного прийняття управлінських рішень для безпечного ведення підземних гірничих робіт і підвищення їхньої продуктивності. Визначено сценарії поширення зон неупругих деформацій і зміни напруг у породному масиві. Наведено метод рейтингування ресурсів за частотою їх використання з урахуванням параметра нестабільності груп класів інформаційної системи безпеки. Викладено методичні рекомендації з використання інформаційної системи забезпечення безпеки ведення підземних гірничих робіт з урахуванням геомеханічного стану породного масиву. Розроблені імітаційна модель та інформаційна система технологічних процесів видобутку вугілля дають змогу моделювати роботу вугільної шахти як складної технологічної системи з глибокою деталізацією.

Для фахівців у галузі безпеки технологій підземної розробки корисних копалин, а також викладачів, аспірантів і студентів вищої школи відповідних спеціальностей.

Рецензенты :

член-корреспондент НАН Украины *Е. М. Киселева*,
доктор технических наук, профессор *В.И. Голинько*,
доктор технических наук, профессор *С. П. Минеев*

*Рекомендовано к печати ученым советом
Института геотехнической механики им. Н. С. Полякова
(протокол № 9 от 14.07.2017)*

***Видання здійснено за кошти Цільової комплексної програми
«Створення та розвиток науково-видавничого комплексу
НАН України»***

Научно-издательский отдел физико-математической
и технической литературы

Редактор *В. В. Вероцкая* '

© В. Г. Шевченко, А. И. Слащев, 2018
© НПП «Видавництво “Наукова думка”
НАН України», дизайн, 2018

ISBN 978-966-00-1640-8

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Глава 1. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ	5
1.1. Анализ аварийности и травматизма на шахтах Украины	5
1.2. Системы обеспечения безопасности при ведении подземных работ	9
1.3. Методы и информационные системы математического моделирования для прогнозирования состояния горных пород	10
1.4. Методы анализа данных и модели представления знаний для задач управления процессами и организации производства.....	15
1.5. Методы определения производительности технологических процессов добычи угля ...	18
Выводы к главе 1	24
Глава 2. ГЕО МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ВОКРУГ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК: ОЦЕНКА СЦЕНАРИЕВ РАЗВИТИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	25
2.1. Методические аспекты прогнозирования геомеханического состояния породного массива как объекта управления	25
2.2. Совершенствование информационной системы оценки и оперативного прогнозирования геомеханических процессов в породном массиве	30
2.3. Формирование исходных параметров геомеханической модели для задач оценки безопасности поддержания горных выработок	49
2.4. Расчет параметров и оценка сценариев развития геомеханических процессов.....	54
Выводы к главе 2	63
Глава 3. ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ ВЕДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ: РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ	65
3.1. Разработка схемы функционирования информационной системы безопасности ведения подземных горных работ по геомеханическим факторам.....	65
3.2. Разработка методов функционирования информационной подсистемы управления персоналом.....	72
3.3. Формирование критериев оценки опасности ведения подземных горных работ по геомеханическому фактору и исходных данных для аппаратно-программной архитектуры системы обеспечения безопасности.....	82
3.4. Разработка методов интеллектуального управления поступающими данными о состоянии горных пород и выработок на базе математического аппарата нечеткой логики.....	96
Выводы к главе 3	109

Оглавление

Г л а в а 4. ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ ВЕДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ: СИНТЕЗ И АПРОБАЦИЯ С УЧЕТОМ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ	111
4.1. Реализация автоматизированной справочно-информационной подсистемы поддержки принятия решений	111
4.2. Синтез элементов системы безопасности ведения подземных горных работ с учетом геомеханических факторов.....	120
4.3. Аprobация аппаратно-программной архитектуры системы безопасности ведения подземных горных работ по геомеханическому фактору в процессе тестового функционирования	126
4.4. Разработка методических рекомендаций по применению информационной системы безопасности ведения подземных горных работ с учетом геомеханических факторов.....	131
4.5. Ожидаемый экономический эффект от использования разработанной информационной системы	138
В ы в о д ы к г л а в е 4	146
Г л а в а 5. ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДОБЫЧИ УГЛЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПОЛОГИХ ПЛАСТОВ	148
5.1. Постановка задачи и формализованное описание технологических процессов добычи угля при разработке тонких пологих пластов	148
5.2. Алгоритм моделирования технологических процессов добычи угля при разработке тонких пологих пластов	170
5.3. Реализация алгоритма моделирования и разработка интерфейсного программного комплекса расчета и выбора параметров технологических процессов добычи угля.....	190
В ы в о д ы к г л а в е 5	193
Г л а в а 6. ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ДОБЫЧИ УГЛЯ	195
6.1. Исследование влияния параметров технологических процессов на технико-экономические показатели производственной деятельности угольной шахты	195
6.2. Методика расчета и выбор рациональных параметров технологических процессов добычи угля при разработке тонких пологих пластов.....	209
В ы в о д ы к г л а в е 6	213
В ы в о д ы	215
П Р И Л О Ж Е Н И Я	221
П р и л о ж е н и е А. Листинги программного кода информационной подсистемы ввода исходной информации, отображения и анализа результатов геомеханических расчетов	221
П р и л о ж е н и е Б. Часть исходного кода разработанной математической библиотеки для работы с векторами, матрицами и объектами подсистемы управления персоналом	229
П р и л о ж е н и е В. Программные классы, элементы управления, интерфейсы и исходный программный код программы блока анализа данных в справочно-информационной подсистеме	233
П р и л о ж е н и е Г. Тексты основных программных модулей интерфейсного программного комплекса и основные модули расчета параметров технологических процессов добычи угля	248
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	268
СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ.....	281

CONTENT

INTRODUCTION	3
Chapter 1. ANALYSIS OF THE PROBLEM OF THE SAFETY PROTECTION ON MINES	5
1.1. Analysis of accidents and injuries in the mines of Ukraine.....	5
1.2. Safety protection systems for underground mining	9
1.3. Methods and information systems of mathematical modeling used for forecasting the state of rocks	10
1.4. Data analysis methods and knowledge representation models for process control and production management tasks	15
1.5. Methods for determining the productivity of technological processes of coal mining.....	18
Conclusions on the chapter 1	24
Chapter 2. ASSESSMENT OF SCENARIOS OF GEOMECHANICAL PROCESSES DEVELOPMENT AROUND MINING WORKINGS ON THE BASIS OF MATHEMATICAL MODELING METHODS	25
2.1. Methodical aspects of forecasting the geomechanical state of a rock massif as a control object	25
2.2. Improvement of the information system for assessment and operative forecasting of geomechanical processes in the rock massif.....	30
2.3. Formation of the initial parameters of the geomechanical model for the tasks of assessing the safety of mine workings support	49
2.4. Calculation of parameters and assessment of scenarios for the development of geome- chanical processes, taking into account the rock massif structure, the features of the geological environment deformation and ways of mine workings support	54
Conclusions on the chapter 2	63
Chapter 3. DEVELOPMENT OF METHODS AND SUBSTANTIATION OF PARAMETERS OF FUNCTIONING OF UNDERGROUND MINING SAFETY INFORMATION SYSTEM ELEMENTS	65
3.1. Development of a scheme for the functioning of an underground mine safety informa- tion system, taking into account geomechanical factors.....	65
3.2. Development of methods for the functioning of the information subsystem of personnel management with the use of network communication, visual control and electronic data documentation	72
3.3. Formation of criteria for assessing the danger of underground mining by geomechanical factor and the initial data for the hardware and software architecture of the safety pro- tection system	82
3.4. Development of methods for the intelligent control of the incoming data of the rocks and workings state on the basis of a fuzzy logic mathematical apparatus.....	96
Conclusions on the chapter 3	109

CONTENT

Chapter 4. SYNTHESIS AND APPROBATION OF THE UNDERGROUND MINING SAFETY INFORMATION SYSTEM WITH THE ACCOUNT OF GEOMECHANICAL FACTORS.....	111
4.1. Realization of the automated reference and information subsystem of decision support	111
4.2. Synthesis of elements of the underground mining safety system with the account of geomechanical factors	120
4.3. Approbation of the hardware-software architecture of the underground mining safety system by the geomechanical factor during the test operation	126
4.4. Development of methodological recommendations for the application of the underground mining safety information system with the account of geomechanical factors	131
4.5. The expected economic effect of using the developed information system.....	138
Conclusions on the chapter 4	146
Chapter 5. DEVELOPMENT OF THE IMITATION MODEL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF COAL MINING AT DEVELOPMENT OF THIN SEAMS	148
5.1. Statement of the problem and a formalized description of the technological processes of coal mining at development of thin flat seams	148
5.2. Algorithm for modeling the technological processes of coal mining at development of thin flat seams	170
5.3. Realization of the modeling algorithm and development of the interface software for calculating and selecting parameters of coal mining processes	190
Conclusions on the chapter 5	193
Chapter 6. SUBSTANTIATION OF PARAMETERS TO ENSURE HIGH COAL MINING PRODUCTIVITY	195
6.1. Researches of the influence of technological processes parameters on the technical and economic indexes of a coal mine production activity	195
6.2. Development of a methodic for calculating and selecting rational parameters of coal mining processes at development of thin flat seams	209
Conclusions on the chapter 6	213
CONCLUSIONS	218
Appendix A. Program code listings of the information subsystem for input of initial information, displaying and analysis of the results of geomechanical calculations	221
Appendix B. Part of the source code of the developed mathematical library for working with vectors, matrices and objects of the personnel management subsystem.....	229
Appendix C. Software classes, control elements, interfaces and source program code of the program of the data analysis unit in the reference and information subsystem	233
Appendix D. The texts of the main software modules of the interface complex and the main modules for calculating the parameters of the coal mining technological processes....	248
REFERENCES	268
LEGEND	281