

**УТВЕРЖДАЮ**

И. о. ректора

**ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный  
технический университет имени Т. Ф. Горбачева»**

Кречетов Андрей Александрович

« 29 » мая 2017 г.

## **ОТЗЫВ**

ведущей организации на диссертацию Бурмина Леонида Николаевича «Геоинформационное моделирование маршрутов эвакуации при возникновении аварийной ситуации в очистных забоях угольных шахт», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.35 – Геоинформатика

### **1. Общая характеристика работы**

Представленная диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы из 105 наименований. Объем диссертации – 138 страниц основного текста, в том числе 29 рисунков и 6 таблиц. Основные результаты исследования в полной мере отражены в 21 научной работе по теме диссертации, в том числе в 5 научных статьях в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России. Диссертантом получены три свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Оформление диссертации и автореферата соответствуют имеющимся требованиям. Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации.

Результаты диссертационной работы подтверждены необходимыми расчетами и рисунками, приведенными примерами. Текст изложен технически квалифицированно и аккуратно оформлен.

### **2. Актуальность работы**

Угольная промышленность является одной из важнейших отраслей топливно-энергетического комплекса Российской Федерации: из российских угольных месторождений добывается более 330 млн. тонн угля ежегодно. При его добыче актуальной задачей является обеспечение безопасности горнорабочих при реализации технологических процессов выемки. Основным нормативным документом по обеспечению безопасности ведения горных работ является Инструкция по составлению планов ликвидации аварий (ПЛА) на угольных шахтах, утвержденная постановлением Госгортехнадзора России от 13.12.1994 года за № 67. ПЛА разрабатывается в соответствии с состоянием горных выработок, планируемым на момент ввода его в действие.

При ведении же горных работ в сложных горно-геологических и горно-технических условиях периодически происходит накопление и перераспределение потенциальной энергии упругих деформаций угольного пласта и вме-

щающих пород, что не учитывается при составлении ПЛА. Изменение напряженно-деформированного состояния углепородного массива может приводить к возникновению в окрестностях очистного или проходческого забоя опасных зон с повышенным горным давлением, а затем к возникновению и развитию аварийных ситуаций.

На угольных предприятиях разных стран, по данным международного статистического института, ежегодно происходит до 96 аварийных происшествий. Как минимум 15 % аварий (в том числе и в России) являются причиной гибели людей. Результаты расследования несчастных случаев свидетельствуют о том, что до 60 % чрезвычайных ситуаций происходит вследствие действий персонала, вызванных ошибочными представлениями о реальной обстановке в горных выработках шахты после возникновения аварии. Это объясняется тем, что существующее информационное обеспечение не позволяет надежно прогнозировать и своевременно предотвращать возникновение и развитие опасных производственных ситуаций.

Для определения надежного безопасного маршрута эвакуации горнорабочих необходимо учитывать как можно больший набор пространственно-атрибутивных данных, влияющих на оценку риска передвижения по горным выработкам. К таким данным относятся скорость передвижения людей по аварийной выработке, наличие свежей вентиляционной струи, аэрогазовые условия, уровень напряжения в кровле горных пород и т. п. При изменении технологии производства, схемы вентиляции, вводе новых и закрытии отработанных участков некоторые пространственно-атрибутивные данные могут изменяться. В связи с этим возникает необходимость в поддержке актуальности данных о геомеханическом состоянии горных пород с использованием горных геоинформационных систем.

Существующие горные геоинформационные системы, как зарубежные («Datamine», «GEMCOM», «Vulcan», «Micromine», «Surpac» и другие), так и отечественные (ГИС ИНТЕГРО, «Панорама» и др.), успешно справляются с задачей интерполяции геологических данных для геомоделирования горного массива. Однако в этих системах отсутствует возможность определения безопасного пути спасения рабочих. Некоторые информационные системы частично решают задачу определения безопасного маршрута эвакуации людей из угольных шахт за счет контроля позиционирования персонала в горных выработках (например, «Галнах-координата», «Геодинамический полигон», UGPS). Однако эти системы не позволяют определить уровень риска передвижения по горным выработкам, что приводит к невозможности определения безопасных маршрутов для эвакуации горнорабочих. Поэтому рассматриваемая диссертационная работа, посвященная геоинформационному моделированию маршрутов эвакуации при возникновении аварийной ситуации в очистных забоях угольных шахт, является несомненно актуальной.

### 3. Краткое содержание диссертации

*Во введении* обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель работы и задачи диссертационного исследования, изложены научная новизна и практическая значимость.

*В первой главе* («Обзор существующих решений проблемы безопасного ведения работ на шахтах угольных предприятий») проведен анализ существующих геоинформационных систем, использующих системы контроля состояния горного массива угольных шахт, и обзор алгоритмов определения кратчайшего пути. На этапе проектирования шахты разрабатываются маршруты передвижения горнорабочих для эвакуации в случае возникновения опасных производственных ситуаций. Эти маршруты используются для составления позиций плана ликвидации аварий. Однако в связи с тем, что в случае возникновения аварии передвижение по указанным в плане горным выработкам может быть ограничено или невозможно, возникает необходимость в определении альтернативных вариантов маршрутов эвакуации. Для выбора рационального маршрута из числа возможных необходимо проводить геомоделирование передвижения горнорабочих по выработкам с возможностью изменения условий передвижения. Обоснована целесообразность создания инструмента для обеспечения минимизации последствий чрезвычайных ситуаций, основанного на методике анализа топологии горных выработок при определении маршрутов эвакуации.

*Во второй главе* («Математическое обеспечение геоинформационного моделирования маршрутов эвакуации») соискателем решена научная задача разработки геоинформационной модели поиска маршрутов эвакуации для выбора рационального пути выхода на поверхность из угольной шахты на основе постоянно обновляемых пространственно-временных данных о ее состоянии. Описывается модель системы горных выработок в углепородном массиве, позволяющая определить маршрут эвакуации персонала с учетом пространственного положения опасных зон. Приведен алгоритм поиска опасных зон в горном массиве с помощью технологии OLAP на основе сведений о напряженно-деформированном состоянии углепородного массива.

*В третьей главе* («Разработка и адаптация алгоритма нахождения кратчайшего маршрута для геоинформационного моделирования маршрутов эвакуации») автором разработаны алгоритмическое и математическое обеспечение для решения задачи дискретной оптимизации, позволяющие выбрать рациональный безопасный маршрут эвакуации на основе анализа пространственного расположения горных выработок и очагов аварий, физических данных персонала и ресурса индивидуальных средств защиты.

*В четвертой главе* («Реализация геоинформационного моделирования маршрутов эвакуации в виде комплекса компьютерных программ») диссертан-

том решена научная задача разработки программного обеспечения проведения геомоделирования маршрутов эвакуации горнорабочих для предоставления информационной поддержки при составлении позиций плана ликвидации аварии. В этой же главе описываются архитектура приложения и классы программ, реализующие поисковые методы.

*В заключении* диссертации приведены основные выводы, научные и практические результаты исследования.

По объему и структуре диссертационная работа соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

#### **4. Научная новизна полученных результатов**

Научная новизна полученных в диссертации результатов заключается в следующем:

1) в создании геоинформационной модели выбора маршрутов эвакуации, позволяющей корректировать пути выхода на поверхность из очистных забоев угольных шахт и отличающейся использованием периодически обновляемых пространственно-определенных данных о напряженно-деформированном состоянии углепородного массива, топологии вентиляционной сети, состоянии горных выработок и позиционировании горнорабочих;

2) в адаптации алгоритма Дейкстры вычисления маршрута на неориентированном графе, отличающегося использованием ретроспективных результатов предыдущих итераций анализа геоданных по мере обновления сведений о топологии горных выработок во временном хранилище;

3) в создании программного обеспечения, отличающегося возможностью интерактивного взаимодействия с существующими информационными системами контроля пространственно-атрибутивного состояния углепородного массива горного предприятия.

#### **5. Практическая значимость и внедрение результатов работы**

Практическая значимость полученных результатов состоит в:

1) использовании геомоделирования аварийных ситуаций для составления позиций плана ликвидации аварий угольных шахт;

2) вычислении оценки уровня риска маршрутов эвакуации в позиции плана ликвидации аварий по весовым значениям ветвей графа с учетом физических данных горнорабочих;

3) возможности актуализации состояния геоинформационной модели посредством анализа временных витрин данных.

На созданное программное обеспечение получены 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

## **6. Обоснованность и достоверность полученных результатов и сделанных выводов**

Выводы и выдвинутые автором научные положения представляются вполне обоснованными и достоверными, что подтверждается целостностью и адекватностью работы комплекса компьютерных программ, прошедших государственную регистрацию в Роспатенте. Результаты тестирования предлагаемых методов, алгоритмов и компьютерных программ соответствуют результатам, полученным другими способами.

Проведенные научные исследования можно характеризовать как научно обоснованные разработки, обеспечивающие решение научной задачи генерации безопасных вариантов маршрутов эвакуации с использованием ГИС-технологий за счет анализа периодически обновляемых пространственно-определенных данных о напряженно-деформированном состоянии горных пород, положения горнорабочих, аэрогазовых условий в горных выработках и оценки расхода ресурса самоспасателя.

Основные результаты диссертационной работы обсуждались на научно-практических семинарах и конференциях различного уровня в период с 2013 по 2016 год.

## **7. Рекомендации по использованию результатов работы**

Результаты выполненных исследований позволяют осуществлять поддержку принятия решений при разработке плана ликвидации аварий на угольных шахтах и при управлении аварийно-спасательными работами за счет использования геоинформационной модели выбора рационального маршрута эвакуации. Эти результаты существенно способствуют улучшению уровня безопасности процесса ведения горных работ.

Научным коллективам ООО «Прокопьевскуголь» и Новокузнецкого института (филиала) Кемеровского государственного университета и других научно-исследовательских и проектно-технологических организаций целесообразно продолжить работу в перспективном направлении, предложенном соискателем.

## **8. Замечания по работе**

По диссертационной работе, несмотря на ее обоснованность, логичность и оригинальность, имеется ряд замечаний и вопросов.

1) Цель работы (с. 6) диссертантом сформулирована очень громоздко. Там и *«обеспечение информационной поддержки принятия управленческих решений при разработке и вводе в действие плана ликвидации аварий на горном предприятии»*, и *«обоснование безопасности маршрутов эвакуации горнорабочих»*, и *«уменьшение последствий чрезвычайной ситуации»*. Хотя последнее, собственно, и является целью диссертационного исследования.

2) Заявленные диссертантом использованные для решения поставленных задач **методы** (с. 7) «нахождения кратчайшего маршрута в неориентированном графе с очагами ЧС» и «построения трехмерных компьютерных геоизображений для визуализации результатов моделирования» таковыми не являются. Это **задачи**, которые автор успешно решает с помощью методов и программных средств, описанных им в первой (с. 35) и четвертой главах (с. 110). Программирование же (процесс разработки компьютерных программ) к методам решения научных задач (с. 7) вообще никакого отношения не имеет.

3) В качестве практической значимости работы соискателем заявлена (с. 9) возможность «прогнозирования состояния геоинформационной модели посредством анализа временных витрин данных». Любая модель – это инструмент для прогнозирования будущего состояния моделируемого объекта или процесса. Здесь речь идет об актуализации модели, что и подтверждается содержанием диссертации (с. 7, 49, 121).

4) На рисунок 4 (с. 44) с подрисуночной подписью «Структурная схема формирования маршрута эвакуации» автор ссылается как на «...линейную математическую модель, состоящую из нескольких частей» (с. 43). Что здесь изображено: алгоритм или структурная схема модели?

5) Из содержания третьей главы (с. 68) «Разработка и адаптация алгоритма нахождения кратчайшего маршрута для геоинформационного моделирования маршрутов эвакуации» не совсем понятно, о разработке нового алгоритма идет речь или об адаптации существующего, какой алгоритм адаптируется, в чем суть адаптации?

б) Из пояснений к рисунку 12 (с. 77) не ясно, из каких алгоритмов осуществляется «выбор алгоритма поиска»?

7) Текст (с. 78), предшествующий формуле (3.4), содержит опечатки, а в самой формуле ошибка ( $V_{min} \leq V_{min} \leq V_{max}$ ).

8) При описании содержания третьей главы диссертации в автореферате (с. 13) автор приводит рассуждения и формулы (1)-(3), которых нет в диссертации. Аналог же рисунка 5 (с. 14 автореферата), на который здесь соискатель ссылается, приведен во второй главе диссертации (рис. 8, с. 52).

9) К формулам (5)-(8) (с. 14-15 автореферата) отсутствуют пояснения того, каким образом получаются минимальные и максимальные значения соответствующих показателей. В тексте самой диссертации эти пояснения имеются. В результате чего при чтении автореферата некоторые неравенства вызывают у читателей недоумение. Например,  $T_i > T_{max}$ ,  $T_i < T_{min}$ .

10) Не украшают диссертацию и автореферат многочисленные рассогласования в предложениях. На примере автореферата:

10.1) с. 3, абзац 4 – «На угольных предприятиях разных стран, занимающ**И**Е**СЯ** выемкой...»;



- 10.2) с. 5, абзац 7 – «по созданному алгоритму, учитывающему ..., отличающе**ГОСЯ** учетом сведений...»;
- 10.3) с. 6, последний абзац – «...опубликовано 18 печатных работ**А**...»;
- 10.4) с. 6, последний абзац – «Оформлено 3 свидетельства о регистрации программ**Б**...» (одной программы?);
- 10.5) с. 7, абзац 3 – «...в случае возникновения опасны**Х** производственной ситуации...»;
- 10.6) с. 8, абзац 3 – «...модель системы горных выработок в углепородном массиве, позволяющ**ЕИ**...»;
- 10.7) с. 8, абзац 8 – «...в отношении содержани**И** метана...»;
- 10.8) с. 17, абзац 2 – «...задача разработки программного обеспечени**Е**...»;
- 10.9) с.17, абзац 3 – «...работает лишь с некоторыми его таблиц**АМ**...»;
- 10.10) с. 17, абзац 6 – «...два метода, позволяющ**И** идентифицировать...»;
- 10.11) с. 17, последний абзац – «...моделировать перемещени**ЕМ** людей...».

#### **9. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней**

Диссертационная работа Л. Н. Бурмина, представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является научно-квалификационной работой, выполнена автором самостоятельно на достаточно высоком уровне и содержит новые научно обоснованные технические и теоретические разработки, обеспечивающие геомоделирование маршрутов эвакуации для поддержки принятия решений при разработке планов ликвидации аварий на угледобывающих предприятиях. Внедрение этих разработок вносит значительный вклад в развитие страны. Работа написана научным языком, грамотно, стиль изложения доказательный. Автореферат диссертации соответствует тексту работы и отражает основные научные результаты исследования, полученные лично автором.

Указанные в настоящем отзыве замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы, которая выполнена на актуальную, особенно для Кузбасса, тему, обладает научной новизной и практической значимостью.

Диссертационное исследование соответствует следующим пунктам паспорта специальности 25.00.35 – Геоинформатика: п. 3 – «Геоинформационные системы (ГИС) разного назначения, типа (справочные, аналитические, экспертные и др.), пространственного охвата и тематического содержания», п. 6 – «Математические методы, математическое, информационное, лингвистическое и программное обеспечение для ГИС», п. 7 – «Геоинформационное картогра-

фирование и другие виды геомоделирования, системный анализ многоуровневой и разнородной геоинформации».

Диссертационная работа Бурмина Л. Н. на тему «Геоинформационное моделирование маршрутов эвакуации при возникновении аварийной ситуации в очистных забоях угольных шахт» по достоверности, научной новизне и практической значимости полученных результатов полностью соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Министерства образования и науки РФ, а ее автор, Бурмин Леонид Николаевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.35 – Геоинформатика.

Диссертационная работа Бурмина Леонида Николаевича и настоящий отзыв были обсуждены на заседании кафедры прикладных информационных технологий ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева» протокол № 17 от 23 мая 2017 года.

Заведующий кафедрой  
прикладных информационных  
технологий ФГБОУ ВО  
«Кузбасский государственный  
технический университет имени  
Т. Ф. Горбачева», доктор  
технических наук, профессор

  
29.05.17

Пимонов Александр  
Григорьевич

Адрес ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»: 650000, г. Кемерово, Весенняя, 28.  
Телефон (приемная): (3842) 58-30-14; факс (3842) 58-33-80.  
E-mail: rector@kuzstu.ru.  
Веб-сайт: kuzstu.ru.



  
КАДЕДРА  
начальник отдела управления делами  
О.С. Карнадуд  
"29" 05 2017 г.