

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

кандидата технических наук, научного сотрудника кафедры автоматики и компьютерных технологий Лапина Сергея Эдуардовича на диссертационную работу Бурмина Леонида Николаевича по теме «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. Актуальность темы диссертационного исследования.*

Диссертационная работа Л.Н. Бурмина посвящена определению безопасных вариантов маршрутов выхода людей на поверхность с применением ГИС-технологий при составлении позиций в плане ликвидации аварий, за счет анализа периодически обновляемых пространственно-определенных сведений о напряженно-деформированном состоянии горных пород, позиционирования горнорабочих, аэрогазовых условий в горных выработках и оценки расхода ресурса самоспасателя.

При ведении горных работ в сложных горно-геологических и горнотехнических условиях периодически происходит накопление и перераспределение потенциальной энергии упругих деформаций угольного пласта и вмещающих пород, что не учитывается при составлении плана ликвидации аварий. Изменение напряженно-деформированного состояния углепородного массива может приводить к возникновению в окрестностях очистного или проходческого забоя опасных зон с повышенным горным давлением и, как следствие, к развитию аварийных ситуаций.

Анализ современных горных геоинформационных систем показал, что существующие зарубежные и отечественные системы в большей степени направлены на решение задач интерполяции геологических данных для геомоделирования горного массива. Однако возможность определения безопасного пути спасения работников в данных системах отсутствует. Некоторые программно-аппаратные комплексы частично решают задачу определения безопасного маршрута эвакуации людей из угольных шахт за счет контроля позиционирования персонала в горных выработках, однако эти системы не позволяют определить уровень риска передвижения по горным выработкам, в связи с чем не представляется возможным определить безопасные маршруты для эвакуации горнорабочих.

С учетом вышесказанного тему диссертации, направленную на геоинформационное моделирование маршрутов эвакуации персонала при возникновении аварийной ситуации в очистных забоях угольных шахт, следует признать актуальной.

2. *Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.*

Структура диссертационной работы по разделам соответствует сформулированным научным положениям, что существенно упрощает для оппонента задачу оценки степени обоснованности научных положений, выдвигаемых на защиту.

*1-ое научное положение: Актуализированное состояние геоинформационной модели маршрутов эвакуации горнорабочих обеспечивается за счет периодического обновления пространственно-определенных данных о напряженно-деформированном состоянии горного массива, геометрии горных выработок угольной шахты и топологии вентиляционной сети с периодичностью, определяемой частотой обновления сведений о пикетах в горных выработках.*

В качестве основного принципа доказательства данного научного положения автор представляет соотнесение обновляемой геометрии горных выработок с актуализированным напряженно-деформированным состоянием угленосного массива. Горные выработки представлены в виде неориентированного взвешенного графа с метрикой на каждом ребре, описанной через топологическую и путевую координату. Напряженно-деформированное состояние горного массива, вычисленное на основе метода конечных элементов, выражено в виде трёхмерной модели с возможностью визуализации в виде объемной фигуры на основе дискретной модели угленосного массива. Автором используется интеллектуальная обработка пространственных данных для сопоставления сведений об уровне риска передвижения по горным выработкам, попадающих в области предельного напряжения.

Обосновано утверждение о необходимости обновления как геометрии горных выработок, так и напряженно-деформированного состояния горного массива. Определены связи и зависимости значения периода обновления геоинформационной модели в зависимости от специфики ведения горных работ.

С выводами автора по данному положению следует согласиться.

Необходимо высказать следующие соображения оппонента рекомендательного характера:

- развитие дополнительных напряжений в горном массиве может происходить по различным сценариям поведения плохо организованных систем с неопределенными элементами и связями между ними;

- соответственно, в предлагаемой автором работы системе необходимо предусмотреть активный интерфейс связи с системами непрерывного регионального и текущего контроля напряженного состояния горного массива в ближней и дальней зонах ведения горно-технических работ, что определено новыми правилами безопасности (сейсмические системы контроля напряженного состояния горного массива).

*2-ое научное положение: маршрут эвакуации персонала, наиболее*

*рациональный по безопасности, определяется в результате логических и расчетных операций с геоданными, проводимых по созданному алгоритму, учитывающему оценку расхода ресурса самоспасателя и уровень риска передвижения по горным выработкам, отличающегося учетом сведений о концентрации метана и вредных газов в горных выработках, а также скорости, направления движения, температуры и влажности воздуха.*

Автором разработано математическое обеспечение для оценки уровня риска передвижения по горным выработкам, удовлетворяющее современным требованиям, изложенных в следующих нормативных документах: приказ Ростехнадзора от 01.12.2011 г. N 681 «Об утверждении Инструкции по составлению планов ликвидации аварий на угольных шахтах», приказ Ростехнадзора от 11.12.2013 г. N 599 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых», приказ Ростехнадзора от 01.12.2011 N 678 (ред. от 02.04.2015) «Об утверждении Положения об аэрогазовом контроле в угольных шахтах», СНиП II-94-80. Подземные горные выработки 3905-85 Санитарные правила для предприятий по добыче и обогащению рудных, нерудных и россыпных полезных ископаемых.

Критерием безопасного маршрута выступает значение приемлемого риска, который вычисляется как отношение времени выхода на поверхность ко времени работы самоспасателя, что соответствует требованиям Ростехнадзора. Уникальность предложенного алгоритма расчета уровня риска заключается в том, что помимо оценки аэрогазовых и климатических показателей в горных выработках автор учитывает персональный объем легких горнорабочего и сопоставляет его с используемой моделью самоспасателя.

Данное научное положение можно считать достаточно обоснованным.

*3-е научное положение: создание специализированных трехмерных геопространственных изображений маршрутов эвакуации посредством визуализации результатов их моделирования повышает оперативность поддержки принятия решений для определения маршрута на 21 % при разработке позиций плана ликвидации аварий угольных шахт.*

На основе выполненных автором теоретических исследований разработано информационно-аналитическое обеспечение в виде программного комплекса с применением ГИС-технологией, отличающееся возможностью интеграции в существующие горные ГИС, что расширяет возможности современных горных информационных систем и улучшает условия для принятия управленческих решений.

Результаты исследования, проведенного по ретроспективным данным, позволяют обосновать общую экономию времени от использования разработанной методики, которая принимает значение в диапазоне от 17 % до 26 % на позицию и примерно 21 % на разработку всего плана ликвидации аварии. При этом учитывается автоматизированный характер определения маршрута, заключающийся в поддержке принятия решения

посредством предоставления сведений о маршруте с наименьшим уровнем риска путем построения трехмерного компьютерного изображения с возможностью взаимодействия в режиме реального времени.

Однако, при рассмотрении частных задач разработки планов ликвидации аварий в части определения маршрутов эвакуации требуется конкретизация варьирования этого значения с учетом специфики процесса ведения горных работ на конкретных угольных шахтах.

С данным положением следует согласиться.

*3. Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций.*

Достоверность, научных положений автора и выводов подтверждается аналитическим исследованием публикаций по данной проблеме, обсуждением хорошо подобранного комплекта практических примеров и экспериментальных оценок. Конкретная и удачно логически выстроенная схема рекомендаций ориентирована на типовые условия угледобывающих шахт, что определяет формирование нового научного направления.

Научная новизна работы состоит:

- в создании геоинформационной модели 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.

- в применении адаптированного алгоритма вычисления маршрута на неориентированном графе, отличающегося использованием ретроспективных результатов предыдущих итераций анализа геоданных по мере обновления сведений о топологии горных выработок во временном хранилище данных

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

Эти результаты являются значимыми для обеспечения должного уровня безопасности ведения горных работ путем поддержки принятия решений при составлении позиций плана ликвидации аварий.

*4. Автореферат полностью соответствует тексту диссертации.*

*5. Личный вклад соискателя и репрезентативность эмпирического материала.*

Личный вклад автора заключается в постановке задач, в разработке и апробации геоинформационной модели выбора рационального маршрута

эвакуации для поддержки принятия решений при управлении аварийно-спасательными работами, разработке инструментария (методики, алгоритмы, компьютерные программы), применение которого позволит минимизировать последствия аварийных и ЧС за счет накопления результатов анализа во временном хранилище данных, разработке математического обеспечения с использованием численного метода поиска рационального маршрута эвакуации, включающего алгоритм определения весовых коэффициентов параметров самих выработок и соотношения ресурсов индивидуальных средств защиты при расчете уровня риска выхода людей на поверхность.

Диссертантом разработаны модели и алгоритмы компьютерного моделирования, выполнены расчеты по ретроспективным данным, проведен анализ полученных результатов и их сравнение с экспериментальными данными, предложены технологические решения.

Выводы и рекомендации автора подкреплены эмпирическим материалом.

#### *6. Содержание диссертации, ее завершенность и публичность.*

Диссертация объемом 138 страниц состоит из введения, четырех глав и заключения, содержит 29 рисунков и 6 таблиц. Список литературы включает 105 наименований цитированных источников.

Текст и стиль диссертации соответствует научному уровню, подтверждая высокую квалификацию соискателя.

Основные положения и результаты диссертации Л.Н. Бурмина обсуждались на Международных научно-практических конференциях, а также на отраслевых научно-технических конференциях и семинарах. По теме диссертации опубликовано 18 печатных работ, в том числе 5 статей в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России; 3 свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ. Все основные положения диссертации отражены в опубликованных работах.

#### *7. Значимость результатов.*

Практическая ценность диссертации состоит в возможности использования геомоделирования аварийных ситуаций для разработки позиций плана ликвидации аварий угольных шахт, что имеет существенное значение для развития угольной отрасли. Предложенная методология проектирования специализированных горных информационных систем использовалась при разработке реальных проектов, представленных на XVIII и XIX Сибирских промышленных форумах. Разработанные проекты получили положительную оценку и были удостоены диплома и бронзовой медали. Комплекс программных продуктов, вошедших в состав ГИС, представленный на международной выставке-ярмарке «Кузбасский образовательный форум» и отмеченный золотой медалью, используется для

проведения исследовательских и лабораторно-практических работ студентов и аспирантов в учебном процессе НФИ КемГУ.

Пакет компьютерных программ, реализованный на основе разработанной методики, удостоен: серебряной медали за инновационные технологии повышения эффективности и безопасности горных работ, представленные на конкурс «Лучший экспонат», проводимый в рамках I специализированной выставки «Недра России» в 2015 г. (г. Новокузнецк); золотой медали в номинации «Лучший экспонат» на конкурсе «Уголь России и Майнинг» в 2014 г. (г. Новокузнецк); диплома первой степени в номинации «Лучший экспонат» на международной ярмарке-выставке «Экспо-Уголь» в 2012 г. (г. Новокузнецк).

8. По содержанию работы необходимо высказать и отдельные замечания.

1. В работе по существу отсутствует описание аппаратных средств сбора исходной информации. В этой связи неясно, использовались ли специализированные контроллеры или датчики, возможно ли оперативное изменение модели по показаниям устройств мониторинга.

2. В работе упоминаются термины, связанные с интеллектуальной обработкой данных – OLAP и DataMining. Применение технологий OLAP раскрыто в работе достаточным образом, однако применение технологии DataMining в должной мере не освещено. В какой части работы применялась технология DataMining?

Связана ли она с OLAP?

3. На рис.7 отсутствует подписи к изображению, хотелось бы уточнить, что предполагают элементы изображения и цветовые обозначения.

4. Имеются мелкие замечания по оформлению диссертации, такие как, текстовые неточности на стр. 58, 117 и отсутствуют пояснения на рисунках 8, 18, 29.

## **Заключение**

Диссертационная работа Бурмина Леонида Николаевича на тему «Геоинформационное моделирование маршрутов эвакуации при возникновении аварийной ситуации в очистных забоях угольных шахт» является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены научно обоснованные технические разработки, имеющие существенное значение для экономики страны, и соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Министерства образования и науки РФ, утвержденного Постановлением Правительства

РФ № 842 от 24.09.2013. Автор работы по своей квалификации заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.35 - Геоинформатика.

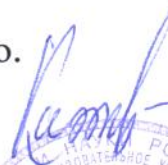
Официальный оппонент,  
кандидат технических наук,  
научный сотрудник кафедры автоматики и компьютерных технологий  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Уральский государственный горный университет».  
Шифр специальности, по которой защищена диссертация 05.13.06 –  
Автоматизация и управление технологическими процессами и  
производствами (горная промышленность)  
620144, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, д.30.  
Телефон: +7 (343) 257-25-47  
E-mail: office@urmsu.ru  
Web-сайт: <http://www.ugsmu.ru>



Сергей Эдуардович Лапин

Подпись канд.техн.наук, С.Э. Лапина удостоверяю.

Начальник отдела кадров ФГБОУ ВО УГГУ



С.В.Катюев

