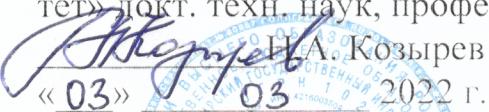


«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной и инновационной деятельности Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет» докт. техн. наук, профессор

  
А. Козирев  
«03» 03 2022 г.



## ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Николаева Петра Игоревича  
«Обоснование и разработка методики комплексной оптимизации  
параметров технологий проведения горных выработок при  
автоматизации и роботизации технологических процессов»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 25.00.22 – «Геотехнология (подземная, открытая  
и строительная)»

### Актуальность темы диссертации

Подготовка выемочных полей и столбов на угольных шахтах 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. Это возможно посредством расширения области применения интеллектуальных систем цифровизации, автоматизации и роботизации в стеснённых условиях проходческого забоя.

Поэтому тема диссертации Николаева П.И., посвящённая решению научно-технической задачи комплексной оптимизации технологических процессов при выполнении части процессов в проходческом забое роботизированными техническими средствами, является актуальной и своевременной.

В соответствии с актуальностью в диссертации обоснованы цель и задачи исследований. Основная цель по обоснованию методики комплексной оптимизации параметров проведения подземных выработок с использованием

средств автоматизации и роботизации достигнута, что подтверждается содержанием диссертации, выводами и рекомендациями.

Основная идея работы, включающая интеграцию методов имитационного моделирования в эволюционный алгоритм оптимизации параметров автоматизируемых и роботизируемых технологий проведения подземных выработок, в диссертации реализована, так как в разработанной методике учтён комплекс природных и техногенных факторов: газоносность и нарушенность пласта, прости, геометрия горных выработок.

Диссертация выполнена в рамках тем государственных заданий на научные исследования и разработки ФАНО России, Минобрнауки России, при поддержке РФФИ в период 2015-2018 гг.

**В первой главе** диссертации П.И. Николаев провёл анализ результатов исследований предшественников по поставленной научной задаче и обосновал направления рационального обоснования параметров горно-технических систем, внедрения машин и механизмов в горное производство, систематизации информации о средствах автоматизации и роботизации горного производства, применения современных информационных технологий для оптимизации параметров сложных производственно-экономических систем.

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

**Во второй главе** диссертации для поиска множества нетрадиционных вариантов модернизации типовых технологий проведения горных выработок посредством автоматизации и роботизации применен системно-функциональный подход (методология IDEF0 - ГОСТ Р 50.1.028-2001). Каждый технологический процесс проходческого цикла представлен в виде взаимосвязанных моделей. Исследована совместимость различных вариантов автоматизации и роботизации технологических операций, позволяющая корректно их комбинировать. Выделены пять возможных и достаточных уровней автоматизации и роботизации процессов проходческого цикла. Обоснованные кортежи автоматизированных и роботизированных горных машин адаптированы к технологическим операциям, выполняемым с использованием ручного труда.

Новыми элементами системно-функционального подхода являются информационное обеспечение и база данных в виде «сканирования поверхности горной выработки», «распознавание объектов в горной выработке», «позиционирование горной машины», «управление перемещением горной машины», «наведение исполнительных органов горной машины».

Выделенные в диссертации пять уровней автоматизации и роботизации проходческого цикла обеспечивают возможность поэтапного перехода от традиционной технологии проведения выработки к роботизированной.

Первая научная задача выявления альтернативных вариантов элементов автоматизации и роботизации при разных параметрах внешней среды решена.

**В третьей главе** диссертации обоснован комплексный критерий оптимизации параметров технологии проведения подземных выработок при ис-

пользовании элементов автоматизации и роботизации. Решена многофакторная (19-36 факторов) и многокритериальная задача оптимизации параметров технологии. Объединение технологических процессов в множество обосновано и соответствует реальным процессам на горных предприятиях.

Проведённые в упрощенной постановке исследования влияния автоматизации и роботизации на параметры технологий проведения подземных выработок с полным перебором уровней автоматизации и роботизации подтверждают возможность уменьшения хронологического количества горнорабочих на 23%, время проходки почти в 3 раза.

**Четвёртая глава** диссертации посвящена разработке комплексной методики оптимизации параметров проведения горных выработок при автоматизации и роботизации. Для реализации методики создана реляционная база данных, использование которой по разработанному алгоритму обеспечивает комбинирование комплектов оборудования и бригад горнорабочих. Алгоритм выполнения вычислительного эксперимента включает последовательное решения задачи оптимизации параметров технологий проведения горных выработок при автоматизации и роботизации их основных технологических процессов с получением показателей эффективности. Методика программно реализована как «Система имитационного моделирования технологий проходки» (СИМТП). В конце четвертой главы проводится сравнение традиционной технологии и роботизированной технологии, полученной при помощи моделирования СИМТП.

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

**Первое научное положение** в виде утверждения, что число возможных рациональных вариантов функционального назначения элементов автоматизации и роботизации в типовые комбайновые и буровзрывные технологии проведения горных выработок есть последовательное произведение числа типовых моделей горных машин, пригодных для работы в заданных горнотехнических условиях для каждого основного технологического процесса, на пять уровней их автоматизации и роботизации. Это научное положение подтверждено результатами исследований при формировании вариантов комплектов машин и операций в проходческом забое.

**Второе научное положение** о комплексном критерии оптимизации параметров типовых комбайновых и буровзрывных технологий проведения горных выработок при их автоматизации и роботизации, стремящемся к минимуму при  $0 < K < 2\sqrt{3}$ , необходимо и достаточно разрешает противоречие между показателями среднего хронологического времени и стоимости числа горнорабочих в забое, удельных работ, значения которых определяют методом имитационного моделирования для учета динамики вероятностной природы технологических процессов. Комплексный критерий оптимизации  $K$  является интегральным показателем, так как включает удельное время ведения горнопроходческих работ, среднее хронологическое количество горнорабо-

чих в забое, удельную стоимость проходки, то есть основные горнотехнические показатели.

**Третье научное положение** о разработанной методике, основанной на интеграции метода имитационного моделирования в качестве функции полезности в адаптированный эволюционный алгоритм оптимизации, необходимо и достаточно количественно определяет основные оптимальные (субоптимальные) параметры типовых комбайновых и буровзрывных технологий проведения горных выработок при автоматизации и роботизации технологических процессов. Подтверждением соответствия научного положения цели и задачам исследований является алгоритм выполнения вычислительного эксперимента, который включает последовательное решение задачи оптимизации параметров технологий проведения горных выработок при автоматизации и роботизации их основных технологических процессов с получением показателей эффективности.

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

Новизна результатов исследований подтверждается применением апробированных классических методов имитационного моделирования, теории вероятностей, математической статистики и оптимизации, планирования имитационных экспериментов, а также удовлетворительной сходимостью (расхождение не более 10%) результатов имитационного моделирования с результатами, полученными на реальных объектах - шахтах Кузбасса, и результатами аналитических расчетов.

Достоверность полученных результатов исследований подтверждается использованием комплекса современных методов, приборов и методических подходов, а также современных информационных технологий.

**Значимость результатов для науки и производства**, полученных соискателем состоит в реализации «Системы имитационного моделирования технологий проходки» и обеспечении оптимальных параметров технологии проведения выработок. Полезными для создания новых вариантов роботизированных средств являются результаты интеграции системно-функционального подхода с информационным обеспечением в виде «сканирования поверхности горной выработки», «распознавание объектов в горной выработке», «позиционирование горной машины», «управление перемещением горной машины», «наведение исполнительных органов горной машины».

**Личный вклад автора** подтверждается содержанием диссертации, объемом 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 Николаева Петра Игоревича как ученого, обладающего знаниями, соответствующими уровню кандидата технических наук, способного на высоком уровне решать сложные задачи по автоматизации и роботизации технологических процессов в уникальной горнотехнической ситуации.

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

Публикации, отражающие основное содержание диссертации.

Научная общественность и специалисты горного направления имеют возможность ознакомиться с постановками, методологическими основами и результатами исследований Николаева П.И. посредством изучения 14 опубликованных научных работ в научных изданиях, в том числе 2 в ведущих рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК РФ, 3 – в изданиях, индексируемых в международных реферативных базах данных публикаций Web of Science и Scopus, 1 свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ. В диссертации в достаточной степени изложены основные идеи и выводы диссертации, показаны вклад автора в проведенное исследование, степень новизны и практическая значимость результатов исследований.

Предмет и объект исследований соответствуют паспорту специальности 25.00.22 –Геотехнология (подземная, открытая и строительная).

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. В формуле (4) следовало бы ввести вес каждого показателя, так как вклад этих показателей по величине и физической сущности в комплексный критерий оптимизации **К** индивидуальный.
2. Не полностью раскрыты в выводах п. 3.4 основные результаты исследований в третьей главе.
3. В диссертации не учтены вспомогательные процессы в забоях подземных выработок по обеспечению безопасности на газоносных угольных пластах, например бурение дегазационных барьерных скважин.

### **Заключение**

Рассмотренная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, а ее автор, Николаев Пётр Игоревич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.22 – «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)» за обоснование и разработку методики комплексной оптимизации параметров технологий проведения горных выработок при автоматизации и роботизации технологических процессов, имеющих существенное значение для подземной геотехнологии.

Диссертация и автореферат рассмотрены на заседании кафедры геотехнологии 02.02.2022 г., протокол № 2.

Отзыв составлен Фряновым Виктором Николаевичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой геотехнологии, утвержден на заседании кафедры геотехнологии (протокол заседания кафедры 02.02.2022 г., протокол № 2).

Заведующий кафедрой геотехнологии  
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный  
индустриальный университет»,  
проф., докт. техн. наук  
654007, Кемеровская область-Кузбасс,  
г. Новокузнецк, Кирова ул, зд. 42.  
e-mail zzz338@rdtc.ru/  
сот. тел. 8-961-705-3075

В.Н. Фрянов

Я, Фрянов Виктор Николаевич, согласен на включение в аттестационное дело и дальнейшую обработку моих персональных данных, необходимых для процедуры защиты диссертации Николаев П И, исходя из требований нормативных документов Правительства, Минобрнауки и ВАК, в том числе на размещение их в сети Интернет на сайте КузГТУ, на сайте ВАК в единой информационной системе.

Подпись Фрянова В.Н. удостоверяю:

Начальник отдела кадров

ФГБОУ ВО «Сибирский  
государственный индустриальный  
университет



Миронова Т.А.