

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ГОРНО -  
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ)»



«ЦЕГАТ КАВКАЗАГ  
ХАЕХХОН - МЕТАЛЛУРГОН ИНСТИТУТ  
(ПАДЗАХАДОН ТЕХНОЛОГОН  
УНИВЕРСИТЕТ)»

ул. Николаева, 44, г. Владикавказ, Республика Северная Осетия-Алания, 362021, ОКПО 02069601, ОГРН 1031500350111,  
ИНН 1501002522, тел.: (8672) 407-101 факс: (8672) 407-203 E-mail: info@skgmi-gtu.ru http://www.skgmi-gtu.ru

05.04.2021 № 568-4/11  
на № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

УТВЕРЖДАЮ

Ректор Федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Северо-Кавказский  
горно-металлургический институт  
(государственный технологический  
университет)»



 Ю.В. Дмитрак

« 5 » апреля 2021 г.

**ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

на диссертационную работу Халкечева Руслана Кемаловича «Разработка  
каркасной мультифрактально-модельной методологии построения АСНИ и  
АСУ ТП в горной промышленности», представленную на соискание ученой  
степени доктора технических наук по специальности 05.13.06 –  
Автоматизация и управление технологическими процессами и  
производствами (промышленность)

**Актуальность темы диссертации**

Разработка и последующее использование передовых  
автоматизированных систем управления (АСУ), позволяющих существенно  
сократить затраты на эксплуатацию и добычу полезных ископаемых,  
становится важным отличительным признаком ведущих  
горнопромышленных предприятий нашей страны. Однако по сравнению со  
многими другими отраслями промышленности уровень автоматизации  
горнодобывающих предприятий все еще относительно невысок. Так  
существующие АСУ технологических процессов горнопромышленных  
предприятий не в состоянии решать основные функциональные задачи с

нужной для инженерной практики точностью, что связано с отсутствием математических моделей, способных учесть реальную мультифрактальную структуру минералов, горных пород и массивов. Ситуацию осложняет и то, что разрабатываемые в настоящее время системы в большинстве случаев не допускают интерфейсного взаимодействия с системами другого класса – автоматизированными системами научных исследований (АСНИ), управления подготовкой производства (АСУ ПП) и др. В тоже время опыт зарубежных предприятий показывает, что для эффективного производства требуется интеграция различного рода АСУ в единую систему управления информацией, позволяющую оптимизировать технологические процессы на всех стадиях жизненного цикла полезного ископаемого.

В связи с изложенным тема представленной диссертационной работы, посвященной разработке каркасной мультифрактально-модельной методологии построения АСНИ и АСУ ТП, допускающих высокую степень интеграции и обеспечивающих пользователей количественно адекватными решения основных функциональных задач с помощью вновь предложенных мультифрактальных математических моделей, является актуальной.

**Научная значимость диссертационной работы заключается в:**

- разработке теоретических основ мультифрактального моделирования функциональных задач АСНИ, АСУ ТП и др. систем в горной промышленности, позволяющих разрабатывать математическое обеспечение, отличающееся высокой степенью количественной адекватности математических моделей и производительностью полученных на их основе алгоритмов;
- разработке и формализации методов и средств, позволяющих с меньшей степенью трудоемкости (по сравнению с существующими подходами) осуществлять построение гибких расширяемых и устойчивых автоматизированных систем в различных отраслях промышленности.

**Практическая значимость диссертационной работы состоит в:**

- разработке высокоуровневого каркаса программного обеспечения, позволяющего снизить издержки на проектирование АСНИ, АСУ ТП и др. систем в горной промышленности при обеспечении высокого уровня их надежности;
- разработке АСНИ физических процессов горного производства, позволяющей с высокой степенью точности решать научные задачи, связанные с определением физических свойств геоматериалов, величины внешнего поля напряжений, действующего на породный массив, а также подзадач анализа данных, учета материалов и ресурсов, планирования событий, управления проектами, создания отчетов, резервного копирования и восстановления данных, аутентификации пользователей, ведения электронного лабораторного журнала;
- разработке АСУ ТП, позволяющей с минимально допустимой осевой нагрузкой осуществить погружение свай в участки породных массивов, и тем самым снизить вероятность реализации опасных горно-геологических явлений в виде оползней.

**Новизна научных положений, выводов и результатов диссертационной работы заключается в следующем:**

- обоснована необходимость разработки совокупности методов и средств, составляющих основу каркасной мультифрактально-модельной методологии построения АСНИ и АСУ ТП в горной промышленности;
- впервые предложен в формализованном виде каркасный метод разработки автоматизированных систем отличающийся тем, что при его использовании проектирование программного обеспечения реализуемой системы осуществляется на базе детализации программной архитектуры, основанной на математических моделях универсального типа. При этом детализация программной архитектуры основана на использовании таких механизмов объектно-ориентированного проектирования как наследование, агрегирование и добавление классов;

- разработана совокупность математических моделей и методов, вместе составляющих теоретические основы мультифрактального моделирования функциональных задач АСНИ и АСУ ТП в горной промышленности. За счет учета различных видов неоднородностей использование разработанных моделей предоставляет возможность с более высокой точностью по сравнению с существующими методами (погрешность составляет менее 5%) определять величину внешнего поля напряжений, действующего на различные виды геоматериалов, а также находить значения эффективных тензорных характеристик деформационных, тепло- и электропроводных свойств геоматериалов;
- разработан комплексный метод самосогласованного поля, развивающего методы математического моделирования функциональных задач АСНИ и АСУ ТП, связанных с изучением свойств различного рода объектов в условиях действия всевозможных физических полей;
- предложено новое научное понятие – «нечеткий тензор», позволяющее осуществлять построение математических моделей, учитывающих неопределенность описания анизотропных физических свойств исследуемых объектов. В рамках представленной диссертационной работы применение данного понятия было апробировано при решении задачи разработки мультифрактальных математических моделей геоматериалов, описывающих упругопластические свойства геоматериалов в условиях неопределенности величины необратимо движущихся дислокаций;
- разработан высокоуровневый каркас программного обеспечения автоматизированных систем, расширение которого с помощью механизмов наследования, агрегирования и добавления классов, позволяет реализовать программное обеспечение АСНИ и АСУ ТП различных областей промышленности, предназначенных для решения функциональных задач определения напряженно-деформированного состояния, процессов тепло- и электропроводности;
- разработана экспертная система поддержки принятия решений в области

построения математических моделей разрушения геоматериалов, основанная на впервые предложенном методе проектирования, включающем создание базы знаний, состоящей из алгоритмов и эвристических правил, а также – взвешенного ориентированного графа в качестве модели формирования рассуждений;

– впервые спроектирована и реализована АСНИ физических процессов горного производства, предназначенная для получения новых знаний в виде количественно адекватных математических моделей изучаемых объектов;

– разработана АСУ ТП забивки свай в оползнеопасные участки породных массивов, позволяющая, в отличие от своих аналогов, при реализации технологического процесса определить оптимальную осевую нагрузку на наголовник свай с учетом изменения напряженного состояния, обусловленного возникновением дополнительных динамических воздействий от ударных нагрузок на геоматериалы.

**Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и результатов диссертации подтверждаются:**

– корректным применением математического аппарата, апробированных методов объектно-ориентированного анализа, проектирования и программирования, унифицированного языка моделирования и искусственного интеллекта;

– согласованием выводов исследования основным физическим закономерностям, а также совпадением ряда полученных расчетных результатов математического моделирования с экспериментальными данными, в том числе, ранее опубликованными в отечественной и зарубежной печати.

**Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

В рассматриваемой работе получена совокупность новых результатов, представляющих интерес для специалистов и организаций, деятельность

которых связана с решением научных и практических задач, требующих разработки автоматизированных систем в различных отраслях промышленности.

Результаты и выводы диссертации могут быть рекомендованы для их использования в следующих организациях: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий», Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук, ОАО «Газпром ВНИИГАЗ», ПАО «НК «Роснефть» и др.

### **Оценка содержания и оформления диссертации**

Избранная соискателем тема диссертации, содержание ее исследований, теоретических и практических результатов представляются соответствующими пунктам 3, 4, 16, 18, 20 специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)»:

3. Методология, научные основы и формализованные методы построения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) и производствами (АСУП), а также технической подготовкой производства (АСТПП) и т. д.

4. Теоретические основы и методы математического моделирования организационно-технологических систем и комплексов, функциональных задач и объектов управления и их алгоритмизация.

16. Теоретические основы, методы и алгоритмы построения экспертных и диалоговых подсистем, включенных в АСУТП, АСУП, АСТПП и др.

18. Средства и методы проектирования технического, математического, лингвистического и других видов обеспечения АСУ.



## 20. Разработка автоматизированных систем научных исследований.

Диссертационная работа представлена в рукописи на 495 страницах и включает: титульный лист, оглавление, введение, 4 главы, заключение, 4 приложения, содержит 3 таблицы, 129 рисунков и список литературы из 237 наименований.

Диссертация изложена последовательно и логично, предложенные автором теоретические положения и выводы аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями в данной области.

Во введении диссертант сумел последовательно и достаточно логично изложить обоснование актуальности темы, анализ степени ее научной разработанности, формулировки цели, задач, объекта, предмета научного исследования. Соискателю удалось полностью раскрыть научную новизну диссертационного исследования, его теоретическую и практическую значимость, отразить степень достоверности и результаты апробации работы, а также сформулировать основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе диссертации проведен исчерпывающий анализ современного состояния исследований в области автоматизации научных исследований и управления технологическими процессами в горной промышленности. На основе проведенного анализа сформулированы цели и задачи диссертационного исследования.

Во второй главе впервые предложен и формализован в виде блок-схемы каркасный метод разработки автоматизированных систем. В рамках данной главы в соответствии с предложенным каркасным методом реализованы стадии формулирования концепции и требований к функциональным задачам высокоуровневого каркаса программного обеспечения. На основе сформулированных требований разработана совокупность математических моделей и методов, составляющих теоретические основы мультифрактального моделирования функциональных задач АСНИ и АСУ ТП в горной промышленности.

В третьей главе на базе построенных математических моделей

(образующих полученные теоретические основы) с помощью методов обобщения и алгоритмизации разработаны соответствующие математическое и информационное виды обеспечения, предназначенные для решения функциональных задач автоматизированных систем в нескольких областях применения. Далее на их основе разрабатывается, реализуется и тестируется архитектура высокоуровневого каркаса программного обеспечения.

В четвертой главе разработаны АСНИ физических процессов горного производства и АСУ ТП забивки свай в оползнеопасные участки породных массивов.

Все разделы диссертации характеризуются достаточной полнотой изложения соответствующих вопросов и логически взаимоувязаны между собой, что обеспечивает завершенность диссертации в целом.

Диссертация оформлена в соответствии с ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления». Графические материалы оформлены с применением современных компьютерных программ. Стилистика изложения диссертации соответствует современному научному языку.

#### **Подтверждение достаточной полноты публикаций основных результатов**

Основные положения, результаты и выводы представленной диссертационной работы достаточно полно раскрыты в 60 научных работах, в том числе 7 свидетельств о регистрации программ для ЭВМ, 47 статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, 6 работ в изданиях, входящих в базы международного цитирования Scopus. Результаты работы были доложены и обсуждены на ведущих российских и международных научных конференциях.

#### **Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации**

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации. В



автореферате раскрывается содержание глав работы, доказываются научные положения, приведено заключение по диссертации.

### **Вопросы и замечания по работе**

Положительно оценивая работу в целом, необходимо указать на некоторые вопросы и замечания:

1. В работе указано, что разработанный соискателем каркасный метод построения автоматизированных систем является итерационным. При этом из представленной диссертационной работы не ясно, существуют ли временные ограничения на реализацию этапов предложенного каркасного метода, выполняемых в рамках одной итерации?
2. В диссертационной работе не указано, в рамках скольких итераций осуществляется разработка АСНИ физических процессов горного производства и АСУ ТП забивки свай в оползнеопасные участки породных массивов?
3. В материалах диссертации не приведена величина процента, характеризующего степень повторного использования программного кода высокоуровневого фреймворка при разработке программного обеспечения АСНИ физических процессов горного производства. При этом для АСУ ТП забивки свай такая величина приведена, и равна 80%.
4. В представленной диссертации не обоснован выбор типа архитектуры высокоуровневого каркаса программного обеспечения. На наш взгляд архитектура предложенного высокоуровневого каркаса обладала бы большей степенью расширяемости, если бы она строилась на основе шаблонов проектирования событийно-ориентированных систем.

Данные замечания и сформулированные вопросы не снижают высокой значимости представленной диссертационной работы.

### **Заключение**

Диссертация Халкечева Руслана Кемаловича «Разработка каркасной мультифрактально-модельной методологии построения АСНИ и АСУ ТП в

горной промышленности» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой, на основании проведенных автором научных исследований решена крупная научная проблема, имеющая существенное хозяйственное значение. Диссертационная работа соответствует критериям, установленным в п.2 «Положения о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС», а ее автор, Халкечев Руслан Кемалович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)».

Отзыв обсужден и утвержден на научном объединенном семинаре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», протокол № 6 от «02» «апрель» 2021г.

#### **Сведения о ведущей организации**

Наименование: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)»;

Почтовый адрес: 362021, Республика Северная Осетия-Алания, г. Владикавказ, ул. Николаева, д. 44;

Телефон: +7 (8672) 40-71-01;

Адрес электронной почты: info@skgmi-gtu.ru

#### **Сведения о лице, подготовившем отзыв:**

Фамилия, Имя, Отчество: Хадзарагова Елена Александровна;

Почтовый адрес: 362021, Республика Северная Осетия-Алания, г. Владикавказ, ул. Николаева, д. 44;

