

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 003.061.02,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ГЕОФИЗИКИ  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК,  
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ  
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 9.02.2021 г. № 1

**О присуждении** Журавлеву Сергею Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

**Диссертация** «Имитационный программно-аппаратный комплекс для тестирования АСУ ТП предприятий горнодобывающей промышленности» по специальности 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей» принята к защите 13 октября 2020 г. (протокол № 19) диссертационным советом Д 003.061.02 созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 6, приказом Минобрнауки России №105/нк-209 от 11.04.2012 г.

**Соискатель** Журавлев Сергей Сергеевич, 1983 года рождения. В 2005 г. окончил Новосибирский государственный технический университет (в настоящее время – «Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический

университет») по специальности «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети». По результатам обучения присуждена квалификация – инженер.

В 2011 году окончил обучение в очной аспирантуре Учреждения Российской академии наук Конструкторско-технологического института вычислительной техники Сибирского отделения Российской академии наук (в настоящее время входит в состав Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий») по специальности 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

В 2017 году пройдена промежуточная аттестация по специальности 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей» в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института систем информатики им. А.П. Ершова Сибирского отделения Российской академии наук.

Справка о сданных **кандидатских экзаменах** по специальности 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей» выдана в 2019 г. Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институт систем информатики им. А.П. Ершова Сибирского отделения Российской академии наук.

**Работает** младшим научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий» (ранее Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт вычислительных технологий Сибирского отделения Российской академии наук), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

**Диссертация выполнена** в лаборатории автоматизированных систем в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте вычислительных технологий Сибирского отделения Российской академии наук (в настоящее время Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных

технологий)), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

**Научный руководитель** – доктор технических наук, Окольнішников Виктор Васильевич, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий» (ранее Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт вычислительных технологий Сибирского отделения Российской академии наук), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ведущий научный сотрудник лаборатории автоматизированных систем.

**Официальные оппоненты:**

**Зюбин Владимир Евгеньевич**, доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт автоматизации и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук, заведующий лабораторией киберфизических систем;

**Шорников Юрий Владимирович**, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», профессор кафедры Автоматизированных систем управления, - **дали положительные отзывы на диссертацию.**

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», г. Красноярск, **в своем положительном заключении**, подписанном Ноженковой Людмилой Федоровной, доктором технических наук, профессором, заведующей отделом прикладной информатики Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» **указала что**, диссертационная

работа Журавлева Сергея Сергеевича «Имитационный программно-аппаратный комплекс для тестирования АСУ ТП предприятий горнодобывающей промышленности» имеет внутреннее единство и является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи тестирования АСУ ТП предприятий горнодобывающей промышленности, имеющей значение для развития цифровых производственных технологий. Выводы, сформулированные в диссертации, обоснованы, обладают научной новизной и имеют практическую значимость. Диссертация соответствует заявленной специальности.

Автореферат соответствует тексту диссертации и дает полное представление о содержании и результатах диссертационной работы.

Диссертация соответствует критериям, установленным пунктами 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утв. постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842 «О порядке присуждения ученых степеней», а ее автор Журавлев Сергей Сергеевич достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

**Соискатель** имеет 66 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 53, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 10.

Работы представляют собой научные публикации (4 статьи, опубликованные в изданиях, включенных в перечень ВАК, 3 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ на созданные модели технологического оборудования системы конвейерного транспорта и системы водоотлива, а также программу преобразования данных из среды имитационного моделирования MTSS в форматы протоколов АСУ ТП) общим объемом 226 страниц, в полном объеме отражают содержание диссертации. В диссертации **отсутствуют недостоверные сведения** об опубликованных соискателем ученой степени работах. В них отражены все основные результаты научного исследования, а именно: структура и алгоритм функционирования имитационного программно-

аппаратного комплекса для отладки, тестирования и сопровождения прикладного программного обеспечения при создании АСУ ТП; модели технологического оборудования системы конвейерного транспорта и системы водоотлива, а также имитационные модели этих систем, модифицированный метод полунатурного моделирования («Hardware-In-The-Loop»), реализация имитационного программно-аппаратного комплекса, методика тестирования прикладного программного обеспечения АСУ ТП с использованием созданного комплекса.

### **Наиболее значительные работы:**

Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК

[1] Журавлев С.С. и др. Автоматизированная система контроля и управления ленточными конвейерами на угольных шахтах / Благодарный А.И., Гусев О.З., Журавлев С.С., Золотухин Е.П., Каратышева Л.С., Колодей В.В., Михальцов Э.Г., Чейдо, Г.П., Шакиров Р.А., Шакиров С.Р. // Горная промышленность. – 2008. – №5(81). – с. 38–44. (РИНЦ)

Личный вклад: Принимал участие в создании АСКУ ТО (Автоматизированная система контроля и управления ТО) в составе авторского коллектива, выполнив разработку части конструкторской документации на оборудование системы.

[2] Журавлев С.С. Программно-аппаратный комплекс для тестирования программ управления АСУ ТП шахт и рудников // Вычислительные технологии. – 2013. – Специальный выпуск, Т. 18. – с. 150–155. (РИНЦ)

[3] Журавлев С.С., Окольнішников В.В., Рудометов С.В., Шакиров С.Р. Применение подхода «модельно-ориентированного проектирования» к созданию АСУ ТП опасных промышленных объектов // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии, 2018. – Т. 16. № 4. – с. 56–67. – DOI 10.25205/1818-7900-2018-16-4-56-67. (РИНЦ)

Личный вклад: Журавлев С.С. применил подход «модельно-ориентированного проектирования» для решения задачи создания автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) горнодобывающих предприятий, разработал имитационный программно-аппаратный комплекс, обосновал и реализовал модифицированный способ «Hardware-in-the-loop», обеспечивающий создание совместимых компонентов систем автоматизации, разработал методику тестирования АСУ ТП. Эта методика успешно применена Журавлевым С.С. для разработки, отладки и тестирования АСКУ ТО М (Автоматизированная система контроля и управления технологическим объектом во взрывозащищенном исполнении) системы конвейерного транспорта.

[4] Никитенко М.С., Журавлев С.С., Малахов Ю.В., Абабков Н.В. Разработка имитационной модели шагающей крепи с интеграцией алгоритмов управления для визуализации технологических процессов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2019, № 1. – с.49–58. – DOI: 10.26730/1999-4125-2019-1-49-58. (РИНЦ)

Личный вклад: Журавлев С.С. разработал структуру имитационной модели модуля шагающей крепи и реализовал ее элементы в среде моделирования MATLAB, в том числе, модель прикладного программного обеспечения АСУ ТП модуля, осуществил интеграцию трехмерной модели модуля в пакет MATLAB Simulink Animation 3D, разработал систему уравнений, описывающую кинематику движения элементов конструкции модуля шагающей крепи.

#### Статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах

[5] Журавлев С. С. Краткий обзор методов и средств имитационного моделирования технических систем // Проблемы информатики. – 2009. – № 4. – с. 47–53. (РИНЦ)

[6] V. Okolnishnikov, S. Rudometov, S. Zhuravlev. Simulating the Various Subsystems of a Coal Mine // Engineering, Technology & Applied Science Research Vol. 6, No. 3, 2016, pp. 993–999. (Web of Science)

Личный вклад: Журавлев С.С. разработал модели технологического оборудования систем угольной шахты (конвейерного транспорта, водоотлива, электроснабжения и вентиляции) и обосновал возможное применение имитационного программно-аппаратного комплекса для рассмотренной в статье предметной области.

[7] Victor Okolnishnikov, Sergey Rudometov, Stanislav Shakirov, and Sergey Zhuravlev. Using Simulation for Development of Process Control Systems in Mining // Advances in Intelligent Systems Research, volume 134, 2017, pp. 53 -56. DOI: 10.2991/caai-17.2017.10. (Web of Science)

Личный вклад: Журавлевым С.С. разработаны адаптированные модели технологического оборудования конвейерного транспорта и водоотлива, элементы которой применены при создании имитационной модели дробильно-доставочного комплекса, создана унифицированная структура имитационного программно-аппаратного комплекса для задачи отладки АСУ ТП прикладной области.

#### Объекты интеллектуальной собственности

[8] Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2014611165 Российская Федерация. Программный комплекс моделей типов технологического оборудования подсистемы конвейерного транспорта угольной шахты / Журавлев С.С.; заявитель и патентообладатель КТИ ВТ СО РАН. – № 2013661037; заявл. 28.11.13 ; опубл. 20.02.14 , Бюл. № 2. – 1 с.

[9] Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2018614019 Российская Федерация. Программа преобразования данных из среды имитационного моделирования MTSS в форматы протоколов АСУ ТП / Журавлев

С.С.; заявитель и патентообладатель ИВТ СО РАН. – № 2018611244; заявл. 09.02.2018; опубл. 27.03.18, Бюл. № 4. – 1 с.

[10] Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2019660181 Российская Федерация. Программный комплекс моделей технологического оборудования системы водоотлива угольной шахты для среды имитационного моделирования MTSS / Журавлев С.С.; заявитель и патентообладатель ИВТ СО РАН. – № 2019619257 ; заявл.25.07.2019; опубл. 01.08.2019, Бюл. № 8. – 1 с.

### **На диссертацию и автореферат поступили отзывы:**

На автореферат поступило 3 отзыва. Все отзывы положительные. В отзывах отмечается актуальность, научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов. Отмечено, что диссертационная работа соответствует специальности 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей».

1. **Отзыв** на автореферат, **подписанный Золотухиным Юрием Николаевичем**, доктором технических наук, главным научным сотрудником лаборатории нечетких технологий Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института автоматики и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук и **Белоконь Сергеем Александровичем**, кандидатом технических наук, научным сотрудником лаборатории нечетких технологий Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института автоматики и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук. Отзыв положительный. Содержит замечание:

*В автореферате не выделены преимущества применения разработанного модифицированного метода полунатурного моделирования.*

2. **Отзыв** на автореферат, **подписанный Феоктистовым Александром Геннадьевичем**, кандидатом технических наук, доцентом, заведующим лабораторией параллельных и распределенных вычислительных систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института



динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова Сибирского отделения Российской академии наук. Отзыв положительный. Содержит замечание:

*В рамках диссертации модели разрабатываются в среде имитационного моделирования MTSS. В автореферате следовало бы подчеркнуть ее преимущества в сравнении с другими системами подобного назначения.*

**3. Отзыв** на автореферат, подписанный **Никитенко Михаилом Сергеевичем**, кандидатом технических наук, научным сотрудником лаборатории угольного машиноведения Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук». Отзыв положительный. Содержит замечания:

- 1. В тексте автореферата автор вносит некоторую терминологическую путаницу между технологическим оборудованием шахты и основными технологическими процессами, излишне вводя термин «система».*
- 2. Для обозначения имитационных моделей технологического оборудования в рамках диссертационной работы корректнее было принять аббревиатуру ИМТО (имитационные модели технологического оборудования) вместо применяемой МТО (модели технологического оборудования).*
- 3. Следует отметить, что такие объекты, как забой и источник технологических и грунтовых вод не являются технологическим оборудованием и не могут являться МТО.*

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается** сферой их научных интересов и результатами деятельности в области имитационного моделирования и верификации прикладного программного обеспечения, что подтверждается научными публикациями официальных оппонентов и сотрудников ведущей организации.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработаны** имитационный программно-аппаратный комплекс, реализующий тестирование прикладного программного обеспечения АСУ ТП с применением оригинальных имитационных моделей технологического оборудования системы конвейерного транспорта и системы водоотлива угольной шахты, новая экспериментальная методика тестирования прикладного программного обеспечения АСУ ТП опасных производств с использованием созданного комплекса;

**предложены** структура и алгоритм имитационного программно-аппаратного комплекса, модифицированный метод полунатурного моделирования («Hardware-in-the-loop»);

**доказана** перспективность использования предложенных в диссертации имитационных моделей технологического оборудования, структуры и алгоритма функционирования имитационного программно-аппаратного комплекса и его реализации;

**введено** новое понятие модель технологического оборудования, основанное на совмещении в структуре одной модели программных блоков имитации функционирования технологического оборудования и компонентов АСУ ТП.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**доказана** эффективность применения методики использования имитационного программно-аппаратного комплекса при разработке, отладке, тестировании и внедрении АСУ ТП на примере системы конвейерного транспорта шахты Грамотеинская и системы водоотлива шахты Осинниковская;

**применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов):**

**использован** комплекс подходов в составе дискретно-событийного имитационного моделирования при имитации сигналов датчиков, управляющих воздействий и команд управления АСУ ТП угольных шахт и объектно-ориентированного программирования;

**изложены** все этапы построения имитационных моделей технологических процессов, создания имитационного программно-аппаратного комплекса для тестирования АСУ ТП горнодобывающих предприятий, способ и результат применения комплекса при разработке, отладке, тестировании и внедрении АСУ ТП системы конвейерного транспорта и системы водоотлива;

**раскрыто**, что существующие математические модели технологических процессов и оборудования предприятий горнодобывающей промышленности не обеспечивают генерацию сигналов датчиков технологического оборудования, управляющих воздействий и команд управления АСУ ТП в требуемом объеме;

**изучены** структура и алгоритмы прикладного программного обеспечения АСКУ ТО М (Автоматизированная система контроля и управления технологическим объектом во взрывозащищенном исполнении) и АСКУ ТО 2 (Автоматизированная система контроля и управления технологическим оборудованием), принципы функционирования технологического оборудования и технологических процессов угольных шахт, способы и подходы имитационного моделирования технических систем, методы верификации программного обеспечения;

**проведена модернизация** метода полунатурного моделирования («Hardware-In-The-Loop»), позволяющая формировать тождественные внешние воздействия при проверке совместимости прикладного программного обеспечения контроллеров АСУ ТП, выполняющих один и тот же набор функций, и сравнивать ответные реакции проверяемых контроллеров.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

**разработаны и внедрены (указать степень внедрения)** Имитационный программно-аппаратный комплекс, который используется в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий» (ранее Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт вычислительных технологий Сибирского отделения Российской академии наук)

для разработки, отладки и тестирования прикладного программного обеспечения АСУ ТП угольных шахт (подтверждается актом Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт вычислительных технологий Сибирского отделения Российской академии наук (в настоящее время Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий»)).

Комплекс применен при разработке прикладного программного обеспечения диспетчерского уровня системы водоотлива шахты Осинниковской для отладки изменений (подтверждается актом Общества с ограниченной ответственностью «КБ ИНФОРМСИСТЕМ»). Результаты диссертационного исследования прошли практическую апробацию (подтверждается актом Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук») в рамках проекта Российского фонда фундаментальных исследований №18-37-00356;

**определены** перспективы дальнейшего практического использования имитационного программно-аппаратного комплекса для предприятий горнодобывающей и других отраслях промышленности;

**создано** средство отладки и тестирования АСУ ТП системы конвейерного транспорта и системы водоотлива угольной шахты, методика его применения;

**представлены** результаты тестирования, свидетельствующие о повышении надежности и снижении трудозатрат при внедрении АСУ ТП на объекте, пути дальнейшего развития результатов исследований.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**для экспериментальных работ** использование серийных образцов оборудования и многократно протестированного программного обеспечения для имитационного моделирования (визуально-интерактивная среда имитационного моделирования MTSS), применение имитационных моделей, проверенных на наборе тестовых примеров, выполнение проверки соответствия имитируемых функций управления требованиям к прикладному программному обеспечению АСУ ТП, проверку

разработанного программного и аппаратного обеспечения комплекса и взаимодействия его составных частей на тестовых примерах; подтверждение результатов на этапе опытной эксплуатации имитационного программно-аппаратного комплекса;

**теория** построена на согласуемых с известными принципами и подходами к разработке программных систем, АСУ ТП, специализированных испытательных программно-аппаратных комплексов, последовательном применении методов имитационного моделирования, системного анализа, теории графов, теории конечных автоматов, теории вероятностей;

**идея базируется** на анализе, обобщении и развитии передового опыта в области разработки испытательных программно-аппаратных комплексов;

**использованы** опубликованные данные по рассматриваемой тематике, которые сравнивались с авторскими;

**установлено** качественное совпадение авторских результатов с аналогичными результатами, представленными в открытых источниках;

**использованы** современные методики сбора и обработки исходной информации.

**Личный вклад соискателя состоит в:**

- разработке алгоритмов и программ имитационного программно-аппаратного комплекса и моделей технологического оборудования систем конвейерного транспорта и водоотлива;

- реализации аппаратной части имитационного программно-аппаратного комплекса, в том числе в разработке устройств генерации резистивных и частотных сигналов блока преобразования физических сигналов;

- создании методики применения имитационного программно-аппаратного комплекса для повышения надежности АСУ ТП, обеспечивающих безопасность технологических процессов;

- применении созданной методики при тестировании АСУ ТП конвейерного транспорта шахты Грамотеинская и водоотливной системы шахты Осинниковская;

- апробации результатов исследования, обработке и интерпретации экспериментальных данных;

- в подготовке личных и в соавторстве опубликованных работ по теме диссертационного исследования.

**На заседании** 9 февраля 2021 года диссертационный совет принял решение присудить Журавлеву С.С. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 6 докторов наук по специальности 05.13.11 - «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 19, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Заместитель председателя

Диссертационного совета Д 003.061.02

доктор технических наук,

профессор



Глинский Борис Михайлович

Ученый секретарь

Диссертационного совета Д 003.061.02

доктор физико-математических наук,

доцент



Сорокин Сергей Борисович

«9» февраля 2021 года