

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора Шорникова Юрия Владимировича на диссертацию Журавлева Сергея Сергеевича «Имитационный программно-аппаратный комплекс для тестирования АСУ ТП предприятий горнодобывающей промышленности», предоставленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

### Актуальность исследования

Ошибки, допущенные на этапе проектирования АСУ ТП и разработки прикладного программного обеспечения, могут стать причиной задержки ввода АСУ ТП в эксплуатацию, возникновения аварийных ситуаций или сбоев в процессе работы технологического оборудования.

Для разработки, тестирования и отладки прикладного программного обеспечения АСУ ТП применяют программные и физические имитаторы сигналов, специализированные программно-аппаратные комплексы. Эти средства имеют ограничения области применения в силу того, что модель жестко задана или набор библиотек, с помощью которых эту модель можно создать, фиксирован. Так же ограничены устройства ввода и вывода тестовых сигналов комплексов по своим техническим характеристикам.

Создание новых средств комплексного тестирования прикладного программного обеспечения АСУ ТП предприятий горнодобывающей промышленности с использованием математических моделей технологических процессов и добавление в них новых функциональных возможностей, повышающих качество тестирования, является актуальной задачей.

В диссертации автор рассматривает существующий мировой опыт в областях моделирования технологических процессов и верификации программного обеспечения, приводит сведения о существующих отладочных комплексах. Описывает процесс создания моделей технологического оборудования конвейерной системы и системы безопасности угольной шахты. Приводит описание созданного имитационного программно-аппаратного комплекса и результаты его применения.

Диссертационное исследование посвящено решению важной проблемы – повышению надежности АСУ ТП, обеспечивающих безопасность предприятий горнодобывающей промышленности. Созданный имитационный программно-аппаратный комплекс позволяет сократить время внедрения АСУ ТП на объекте заказчика за счет предварительных отладки и тестирования на предприятии-изготовителе, повысить надежность и безопасность технологических процессов, обеспечить дистанционное сопровождение проектов.

## **Содержание диссертации**

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, библиографического списка (261 наименование) и трех приложений. Текст диссертации содержит 40 рисунков, 16 таблиц. Объем текста составляет 135 страниц.

Во **введении** изложена актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, основные положения, выносимые на защиту, обосновывается научная новизна, практическая значимость, достоверность результатов.

В **первой главе** выполнен обзор и сравнительный анализ методов и средств обеспечения надежности прикладного программного обеспечения АСУ ТП. Сформулированы требования к создаваемому программно-аппаратному комплексу. Проведено сравнение наиболее известных сред имитационного моделирования технических систем. Выполнен обзор работ в области имитационного моделирования технологических процессов предприятий горнодобывающей промышленности.

Во **второй главе** описана структура угольной шахты, технологического оборудования и АСУ ТП, применяемые для контроля и управления этим оборудованием. Рассмотрен процесс конструирования моделей технологического оборудования, предназначенных для разработки, отладки и тестирования прикладного программного обеспечения АСУ ТП. Приведен пример использования созданной библиотеки моделей технологического оборудования.

**Третья глава** содержит описание структуры имитационного программно-аппаратного комплекса и предложенного усовершенствованного способа тестирования систем автоматизации. Приведена методика тестирования прикладного программного обеспечения АСУ ТП угольной шахты.

В **заключении** сформулированы основные научные и практические результаты работы.

В **приложениях** представлены таблица сравнения специализированных программно-аппаратных комплексов, таблица сред имитационного моделирования технических систем и акты о внедрении результатов диссертационного исследования.

Свидетельства о регистрации программы для ЭВМ приведены в списке литературы.

## **Обоснованность и достоверность результатов**

Обоснованность выносимых на защиту результатов определяется методологией исследования, которая базируется на анализе большого количества литературных источников в области имитационного моделирования, системного анализа, теории конечных автоматов, верификации программного обеспечения.

Достоверность выносимых на защиту результатов не вызывает сомнений и подтверждается: применением имитационных моделей, проверенных на наборе тестовых примеров; выполнением проверки соответствия имитируемых

функций управления требованиям к прикладному программному обеспечению АСУ ТП; подтверждением результатов на этапе опытной эксплуатации имитационного программно-аппаратного комплекса. Разработанное программно и аппаратное обеспечения комплекса и взаимодействие его составных частей проверено на тестовых примерах.

### **Полнота публикаций результатов диссертации, соответствие автореферата содержанию диссертации**

Выводы и результаты диссертационного исследования прошли апробацию на научных и научно-технических конференциях, а также на научных семинарах.

По теме диссертационного исследования автором опубликованы 53 печатных работы, в том числе: 4 публикации в ведущих рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК; 2 публикации проиндексированы в базе данных Web of Science и 5 – в базе данных Scopus; 3 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ; 10 публикаций в рецензируемых научных журналах; 36 публикаций в трудах и тезисах всероссийских и международных конференций.

Автореферат достаточно полно отражает все основные положения диссертационной работы.

### **Научная новизна полученных результатов состоит в следующем:**

Автором предложен имитационный программно-аппаратный комплекс, предназначенный для создания и сопровождения прикладного программного обеспечения АСУ ТП предприятий горнодобывающей промышленности. Комплекс обеспечивает сокращение времени вычислительного эксперимента, позволяет формировать тождественные внешние воздействия при проверке совместимости прикладного программного обеспечения контроллеров АСУ ТП, содержит имитационные модели технологического оборудования предприятий горнодобывающей промышленности.

Для ускорения вычислительного эксперимента предложен оригинальный алгоритм организации взаимодействия модулей программного обеспечения имитационного программно-аппаратного комплекса, реализующий единую конфигурацию комплекса и имитационной модели. Алгоритм организован так, что позволяет изменить режим выполнения вычислительного эксперимента без внесения дополнительных конфигурационных данных. Это снижает вероятность возникновения ошибок при отладке и тестировании вследствие влияния человеческого фактора.

Формирование тождественных внешних воздействий при проверке совместимости программного обеспечения контроллеров АСУ ТП, выполняющих один и тот же набор функций, и сравнение ответных реакций проверяемых контроллеров реализованы на основе модифицированного метода полунатурного моделирования («Hardware-In-The-Loop»). Метод модифицирован таким образом, что для тестирования прикладного программного обеспечения контроллерного уровня наряду с математической моделью используется параллельно подключенный эталонный контроллер

другой версии этой же АСУ ТП или другой модели изготовления. Анализ прикладного программного обеспечения тестируемого и эталонного контроллеров осуществляется на одних и тех же входных сигналах и командах управления и позволяет выявить несоответствие в формируемых управляющих воздействиях.

Имитационная модель технологического процесса для тестирования прикладного программного обеспечения АСУ ТП создается на основе набора оригинальных моделей технологического оборудования системы конвейерного транспорта и системы водоотлива угольной шахты. Модели технологического оборудования обеспечивают согласованную генерацию тестовых сигналов датчиков, управляющих воздействий и команд управления предметной области.

### **Практическая значимость работы**

Имитационный программно-аппаратный комплекс используется в ИВТ СО РАН для разработки, отладки и тестирования прикладного программного обеспечения АСУ ТП угольных шахт (подтверждается актом ИВТ СО РАН).

Имитационный программно-аппаратный комплекс применен при модернизации прикладного программного обеспечения диспетчерского уровня системы водоотлива шахты Осинниковской (подтверждается актом ООО «КБ ИНФОРМСИСТЕМ»).

Результаты диссертационного исследования прошли практическую апробацию (подтверждается актом ФИЦ УУХ СО РАН) в рамках проекта РФФИ №18-37-00356. Результаты диссертационного исследования могут быть применены при разработке новых и модернизации существующих АСУ ТП предприятий горнодобывающей и других отраслей промышленности.

### **По материалам диссертации имеются следующие замечания:**

1. Недостаточно полно представлены технические характеристики аппаратной части имитационного программно-аппаратного комплекса для тестирования АСУ ТП горнодобывающей промышленности.

2. На рис. 32 на стр. 89 неправильно указан «канал передачи данных о технологическом процессе» между рабочей станцией диспетчера и контроллерами АСУ ТП.

3. В тексте диссертации имеются погрешности и опечатки, например, в заголовке пункта 1.4.4 дважды повторяется сочетание слов "имитационного моделирования", опечатка на стр. 32 строка 20 в слове «появляется», опечатка на стр. 61 строка 5 в слове "фалы", и др.

Указанные замечания не снижают значимости полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

### **Заключение**

Диссертация Журавлева Сергея Сергеевича «Имитационный программно-аппаратный комплекс для тестирования АСУ ТП предприятий горнодобывающей промышленности» представляет собой законченную научно-исследовательскую работу. Результаты работы обоснованы,

апробированы и достаточно полно опубликованы. Автореферат отражает основное содержание диссертации. Диссертация вносит значимый вклад в тестирование прикладного программного обеспечения АСУ ТП и соответствует паспорту специальности 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей»: п. 1 – «Модели, методы и алгоритмы проектирования и анализа программ и программных систем, их эквивалентных преобразований, верификации и тестирования»; п. 3 – «Модели, методы, алгоритмы, языки и программные инструменты для организации взаимодействия программ и программных систем».

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Журавлева Сергея Сергеевича соответствует требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление правительства РФ от 24.09.2013 №842), а ее автор Журавлев Сергей Сергеевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

Оппонент согласен на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и дальнейшую их обработку.

Официальный оппонент  
профессор кафедры АСУ НГТУ,  
д.т.н., профессор



Шорников Ю.В.

«11» января 2021 г.

Подпись профессора кафедры АСУ НГТУ, д.т.н., профессора  
Ю.В. Шорникова заверяю

Ректор НГТУ,  
д.т.н., профессор



Батаев А.А.

«13» января 2021 г.

Шорников Юрий Владимирович  
профессор, д.т.н., специальность ВАК 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей, профессор кафедры Автоматизированных систем управления Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет»,

Адрес: 630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, д.20,  
Тел.: (383) 346-11-00, e-mail: [shornikov@corp.nstu.ru](mailto:shornikov@corp.nstu.ru).