

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Фрасын Павла Геннадьевича на тему:  
«Разработка методов управления программной средой автоматизированных систем управления технологическими процессами», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности  
2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами

### **Актуальность темы исследования**

Центральным звеном диспетчерского уровня автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) являются SCADA-системы, которые обеспечивают мониторинг состояния технологического процесса, визуализацию, регистрацию и архивирование данных, обработку событий и передачу команд на уровень управления оборудованием. От корректности работы программной среды диспетчерского уровня зависят такие показатели, как достоверность информационной модели процесса, время реакции на отклонения, эффективность операторского контроля и, в конечном счете, технологическая и информационная безопасность объекта.

В процессе длительной промышленной эксплуатации программная среда АСУТП подвергается воздействию множества дестабилизирующих факторов: аппаратные сбои, эксплуатационные вмешательства (обновления, замена конфигураций), неявные дефекты программного обеспечения (ПО). Под их влиянием фактические параметры программной среды (состав компонентов, их версии, параметры, межкомпонентные связи) могут отклоняться от нормативного конфигурационного описания, при этом внешне система может сохранять работоспособность и выполнять свои основные функции.

Существующая практика эксплуатационного сопровождения программной среды АСУТП ориентирована преимущественно на поддержание работоспособности системы и контроль наблюдаемых признаков ее функционирования. Регламентные процедуры направлены на подтверждение выполнения системой заданных функций и, как правило, не

включают регулярное детальное сопоставление фактической конфигурации программной среды с ее нормативным описанием. Вследствие этого конфигурационные расхождения могут скрыто накапливаться и выявляются только при дальнейшем развитии нарушения, когда возникает серьезный функциональный сбой.

В связи с этим, научно-техническая задача разработки методов формализованной организации и автоматизации сопровождения программной среды диспетчерского уровня АСУТП является актуальной и своевременной.

### **Теоретическая значимость**

Теоретическая значимость исследования Фрасын Павла Геннадьевича состоит в развитии научных основ построения и сопровождения программной среды автоматизированных систем управления технологическими процессами. В диссертации сформулированы и обоснованы теоретические положения, направленные на формализацию представления конфигурации программной среды, а также процессов ее приведения и поддержания в ходе эксплуатации, что способствует развитию теоретической базы проектирования архитектур и организации сопровождения сложных программных комплексов автоматизированных систем управления.

### **Практическая значимость**

Практическая значимость диссертационного исследования Фрасын П.Г. заключается в возможности применения разработанных методов и программного комплекса при эксплуатации программной среды диспетчерского уровня АСУТП для формализованного контроля ее конфигурационного состояния. Реализация предложенных решений обеспечивает автоматизированное выявление конфигурационных отклонений, формирование проекта корректирующих воздействий и поддержку процедур восстановления нормативной конфигурации в регламентированных условиях эксплуатации.

Использование разработанных решений позволяет существенно снизить трудоемкость контрольно-диагностических и восстановительных операций, а также уменьшить риск накопления скрытых конфигурационных расхождений,

которые могут привести к аварийным ситуациям. Переход от реактивного обслуживания (устранение последствий сбоев) к проактивному управлению конфигурацией на основе формализованного описания повышает общую надежность АСУТП.

Результаты диссертационного исследования внедрены в деятельность ООО «Самолет-Ресурс» при эксплуатации технологического водозаборного узла жилого комплекса «Томилино Парк», а также в деятельность специализированной организации ООО «АК-Системы» в части выполнения работ по сопровождению программной среды диспетчерского уровня АСУТП. Это подтверждается соответствующими актами внедрения.

Важным результатом, подтверждающим готовность представленных в работе технологий к применению, является получение 6 свидетельств Российской Федерации о государственной регистрации программ для ЭВМ. Наличие зарегистрированного ПО указывает на то, что теоретические разработки доведены до уровня готовых программных продуктов.

### **Научная новизна**

Научная новизна диссертационной работы Фрасын П.Г. заключается в развитии теоретических основ построения и сопровождения программной среды АСУТП, что выражается в переходе от экспертно-ориентированных методов контроля к формализованному управлению конфигурацией. Впервые в работе Фрасын П.Г. задачи формализованного контроля и управления конфигурацией программной среды диспетчерского уровня АСУТП получили систематическое решение, учитывающее специфику промышленной эксплуатации, включая регламентированный характер изменений и высокие требования к безопасности технологического процесса.

Автором разработана оригинальная модель формализованного представления конфигурации, которая обеспечивает принципиальную сопоставимость фактического и нормативного состояний программной среды за счет их приведения к единому параметрическому виду, пригодному для автоматизированного анализа.

Важным результатом является разработка двух взаимодополняющих методов управления конфигурацией. Императивный метод реализует

поэтапное преобразование конфигурации через регламентированные операции. Декларативный метод, основанный на автоматизированном сопоставлении фактической  $S(t)$  и нормативной  $S_{\text{цел}}$  конфигурации с вычислением вектора отклонений  $e(t)$  и синтезом корректирующих воздействий  $\Delta S$ , позволяет автоматически определять, что именно и как нужно изменить в программной среде АСУТП. Совместное применение этих методов создает замкнутый контур управления конфигурацией, не имеющий аналогов в существующей практике эксплуатации АСУТП.

Новым также является метод архитектурной организации централизованного сопровождения программной среды диспетчерского уровня АСУТП, основанный на вынесении функций сопровождения в специализированный контур, функционально независимый от прикладных программных компонентов.

Все перечисленные научные результаты являются оригинальными и в совокупности решают актуальную научно-техническую задачу.

### **Достоверность результатов и выводов**

Достоверность основных научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы Фрасын П.Г. подтверждается совокупностью теоретических и экспериментальных доказательств. Теоретическая обоснованность результатов обеспечивается корректным применением математического аппарата (теория множеств, формальные модели управления, алгоритмические методы) и согласуется с работами отечественных и зарубежных ученых в области автоматизации и сопровождения программных систем.

Все разработанные методы и модели реализованы в виде действующего программного комплекса, который прошел экспериментальную верификацию в условиях реальной промышленной эксплуатации. Полученные экспериментальные данные (представления конфигураций, журналы операций) подтверждают заявленные теоретические результаты.

Результаты работы прошли апробацию на ряде международных и всероссийских научных конференций и опубликованы в 16 научных работах, включая 4 статьи в журналах, входящих в Перечень ВАК, и 2 статьи в

изданиях, индексируемых в международной базе данных научного цитирования Scopus, а также защищены 6 свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ. Внедрение результатов подтверждено актами в двух профильных организациях (ООО «АК-Системы» и ООО «Самолет-Ресурс»).

Совокупность этих факторов позволяет утверждать, что научные положения, выводы и рекомендации диссертации являются достоверными и обоснованными.

### **Общая характеристика диссертационной работы**

Глава 1 посвящена анализу архитектуры программной среды диспетчерского уровня АСУТП и организации ее эксплуатационного сопровождения. В главе показано, что существующее эксплуатационное сопровождение ориентировано преимущественно на экспертную оценку функционального состояния системы по наблюдаемым признакам и не обеспечивает формализованного, воспроизводимого подтверждения соответствия фактической конфигурации нормативному описанию. Выявлено, что в условиях длительной эксплуатации под воздействием дестабилизирующих факторов (аппаратные отказы, эксплуатационные вмешательства, дефекты ПО) возможно накопление скрытых конфигурационных расхождений, не проявляющихся на уровне функциональных признаков. На основании анализа научной литературы показано, что задачи формализованного контроля и управления конфигурацией программной среды диспетчерского уровня АСУТП не получили систематической научной проработки. В связи с этим сформулирована задача управления конфигурацией программной среды диспетчерского уровня АСУТП, направленная на поддержание соответствия фактической и нормативной конфигураций на основе их формализованного сопоставления и автоматизированного формирования корректирующих воздействий.

Во второй главе диссертационного исследования разработаны методологические основы организации и автоматизации сопровождения программной среды диспетчерского уровня АСУТП. Введена модель

фактической конфигурации  $S(t)$  как множество структурированных параметров  $s_i(t)$ , отражающих состав компонентов, их параметры и взаимосвязи. Обоснованы критерии полноты и достоверности этой модели, определяющие ее пригодность для автоматизированного сопоставления с нормативным описанием  $S_{\text{цел}}$ . Предложены два взаимодополняющих метода управления конфигурацией. Императивный метод формализует процесс приведения среды к требуемому состоянию как упорядоченную последовательность регламентированных операций. Декларативная модель основана на сопоставлении фактической и нормативной конфигурации с вычислением вектора отклонений  $e(t)$ , на основании которого автоматически формируется проект корректирующих воздействий  $\Delta S$ . Для автоматизации сопровождения разработана модель замкнутого контура управления на базе принципов CI/CD, адаптированных для АСУТП. В результате создана полная методологическая база для автоматизированного управления конфигурацией программной среды диспетчерского уровня АСУТП.

В третьей главе представлена практическая реализация разработанных методов сопровождения программной среды диспетчерского уровня АСУТП. В рамках модернизации устаревшей SCADA-системы создана новая компонентная программная среда на базе ОС Linux. Для автоматизации сопровождения использован программный комплекс, включающий Ansible (средство управления конфигурацией), Docker (контейнеризация компонентов) и GitLab (CI/CD платформа). Формирование фактической конфигурации включает сбор системных и прикладных параметров (состав, версии, параметры SCADA-проектов) через стандартизированные программные интерфейсы ОС Linux и REST API. Организация процедур сопровождения реализована на базе CI/CD-инфраструктуры GitLab с применением разработанной библиотеки CIDeploy, обеспечивающей централизованное управление циклом установки, обновления, резервного копирования и восстановления программных компонентов с запуском по расписанию или вручную. Создана полностью функционирующая система, реализующая все описанные методы и подготовленная для количественной оценки эффективности системы сопровождения.

В четвертой главе проведена экспериментальная верификация разработанной системы сопровождения программной среды диспетчерского уровня АСУТП в условиях промышленной эксплуатации и выполнена количественная оценка ее эффективности. При искусственно сформированном расхождении между фактической и нормативной конфигурациями система корректно фиксирует факт несоответствия, формирует ненулевой вектор отклонений  $e(t)$  и на его основе автоматически вычисляет проект корректирующих воздействий  $\Delta S$ , применение которого обеспечивает восстановление нормативной конфигурации. Количественная оценка эффективности системы сопровождения выполнена на основе ретроспективного анализа данных промышленной эксплуатации за период 2022–2025 гг. Показано, что внедрение системы обеспечило устойчивое снижение среднемесячной трудоемкости процедур сопровождения с 13,75 чел./час в 2022 году до 3,25 чел./час в первом квартале 2025 года. Полученные результаты подтверждают корректность работы системы и высокую практическую эффективность разработанных методов управления конфигурацией.

### **Замечания**

По диссертации Фрасын П.Г. можно сделать несколько замечаний:

1. Из рис. 11 и описания к рисунку на стр. 41 можно понять, что при сбое в одной из операций  $A_i$ , эта операция или повторяется, или процесс преобразования конфигурации начинается с самого начала. В любом случае, если при обработке ошибки не будет произведен останов процесса или устранение причины сбоя в операции  $A_i$ , то произойдет заикливание программы и процесс никогда не придет к состоянию  $S_{\text{цел}}$ . Из содержания диссертации неясно как должны обрабатываться подобные инциденты.
2. На стр. 44 совокупность корректирующих управляющих воздействий  $\Delta S$  в выражении (2.9) зависит от вектора отклонений  $e(t)$ , то есть каждому отклонению  $e(t)$  будет соответствовать свой набор корректирующих управляющих воздействий  $\Delta S$ . При большой размерности состояний  $S(t)$  и  $S_{\text{цел}}$  число вариантов  $e(t)$  и соответствующих им  $\Delta S$  также будет большим. Из содержания диссертации неясно как выполняется определение

корректирующих воздействий  $\Delta S$  по вектору отклонений  $e(t)$ , то есть как реализуется функция  $F$  в выражении (2.9). Непонятно откуда система автоматизированного сопровождения берет информацию о всех последовательностях операций из наборов корректирующих управляющих воздействий?

3. Из рис. 12 и описания к рисунку на стр. 45 можно понять, что при ошибке при применении корректирующих воздействий  $\Delta S$  процесс их применения или повторяется с самого начала, если требуется повторное вычисление вектора отклонений  $e(t)$ , или система переходит в состояние  $S(t+1)$  отличное от состояния  $S_{\text{цел}}$ . Так как в состоянии  $S(t+1)$  вектор отклонений  $e(t)$  не вычисляется, то и применения корректирующих воздействий  $\Delta S$  в этом состоянии не производится. То есть система останется в состоянии  $S(t+1)$  неопределенное время, так и не достигнув целевого состояния  $S_{\text{цел}}$ .

4. Представленный в главе 3 диссертации программный комплекс системы автоматизированного сопровождения на стр. 79-92 ориентирован на конкретную SCADA систему и согласован с ней по форматам файлов и интерфейсам взаимодействия. Неясно, насколько предложенные в диссертации решения и система автоматизированного сопровождения программной среды АСУТП могут быть применимы к другим популярным в России SCADA системам, таким как Trace Mode, Master SCADA, Simple SCADA и другие. К сожалению, данный вопрос не освещается в диссертации.

5. Известно, что обнаружение уязвимостей в ПО зависит от способностей инструментов. Сегодня инструмент может не обнаруживать уязвимости, а завтра обновленный инструмент сможет их обнаружить. Таким образом, возможно создание контейнерного образа со скрытыми уязвимостями, конфигурация которого будет принята в качестве нормативной  $S_{\text{цел}}$  (стр. 98-99). Это обеспечит консервацию уязвимости на долгое время, так как даже если обновленный инструмент найдет уязвимость в работающем ПО и попытается ее устранить путем обновления ПО, то система автоматизированного сопровождения вернет состояние системы к нормативному  $S_{\text{цел}}$ , с наличием уязвимости.

Указанные замечания, однако, не снижают научной и практической значимости работы в целом. Диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне.

По тематике, методам исследования, предложенным новым научным положениям диссертация соответствует паспорту специальности научных работников 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами в части: п. 11. Методы создания, эффективной организации и ведения специализированного информационного и программного обеспечения АСУТП, АСУП, АСТПП и др., включая базы данных и методы их оптимизации, промышленный интернет вещей, облачные сервисы, удаленную диагностику и мониторинг технологического оборудования, информационное сопровождение жизненного цикла изделия; п. 13. Методы планирования, оптимизации, отладки, сопровождения, модификации и эксплуатации задач функциональных и обеспечивающих подсистем АСУТП, АСУП, АСТПП и др., включающие задачи управления качеством, финансами и персоналом; п. 15. Теоретические основы, методы и алгоритмы диагностирования (определения работоспособности, поиск неисправностей и прогнозирования) АСУТП, АСУП, АСТПП и др.

## **Заключение**

Представленная к защите диссертация Фрасын Павла Геннадьевича на тему «Разработка методов управления программной средой автоматизированных систем управления технологическими процессами» является законченной научно-квалификационной работой, посвященной решению актуальных для Российской Федерации и мирового сообщества научных и практических задач разработки методов автоматизированного сопровождения конфигурации программной среды диспетчерского уровня АСУТП.

Указанные задачи направлены на формализованную организацию процедур сопровождения, обеспечение соответствия конфигурации программных компонентов нормативному описанию и восстановление программной среды в условиях промышленной эксплуатации.

Автореферат и опубликованные 16 научных работ достаточно полно отражают основные положения диссертации. Работа написана технически грамотно, понятным языком и аккуратно оформлена.

Работа Фрасын Павла Геннадьевича обладает научной новизной, теоретической и практической значимостью и отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД, а ее автор, Фрасын Павел Геннадьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

#### Официальный оппонент

Доцент кафедры «Кибернетика» ЯГТУ,  
кандидат технических наук

\_\_\_\_\_ 2 \_\_\_\_\_ Марьясин Олег Юрьевич  
« 21 » \_\_\_\_\_ 04 \_\_\_\_\_ 2026 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный технический университет»

Адрес: 150023, г. Ярославль, Московский проспект, 88

Телефон: +7 (4852) 40-21-99

E-mail: [info@ystu.ru](mailto:info@ystu.ru)

Подпись Марьясина О.Ю. заверяю:

Начальник управления персонала



\_\_\_\_\_

Спиридонова И.А.