

## 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**

Современное развитие систем управления технологическими процессами определяется всё более масштабным применением систем автоматического управления и расширением областей их использования, что связано с усложнением АСУ ТП и их интеграцией в виде универсальных платформ. Это приводит, в свою очередь, к усложнению процессов их эксплуатации, выявления сбоев и некорректного функционирования, что может привести к серьезным техническим авариям и существенному экономическому ущербу. Поэтому, рецензируемая диссертационная работа, посвященная разработке управляющих подсистем диагностики и устранению некорректной работе автоматизированных систем управления технологическими процессами, является, несомненно, актуальной.

Необходимо отметить, что идентификация программной среды и представление ее как объекта управления уже представляет довольно сложную научную и практическую задачу, а разработка системы ее управления требует принципиально нового методологического подхода. Это подтверждается всесторонним аналитическим обзором научных публикаций по данной проблеме, проведенной автором работы. Несмотря на актуальность необходимости включения в состав АСУ ТП подсистемы управления ее программной средой, исследовательских, особенно отечественных, работ по этой проблеме крайне мало.

В связи с этим, автор на основе проведенного анализа достаточно аргументированно определил объект и предмет исследования, сформулировал цель работы и вытекающие из этого научные и практические задачи, требующих своего решения.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка терминов, списка литературы из 158 наименований и 8 приложений. Работа содержит 159 страниц основного текста, включая 77 рисунков и 6 таблиц.

**В первой главе** исследуется архитектура программной среды диспетчерского уровня АСУ ТП и выявляются особенности её функционирования в условиях промышленной эксплуатации. Автором показано, что существующие методы управления ограничиваются анализом внешних параметров работы системы и не обеспечивают контроля её конфигурационного состояния. В работе аргументированно отмечается, что при длительной эксплуатации возникают скрытые отклонения в настройках, не фиксируемые штатными средствами мониторинга. Учитывая недостаточную изученность данной проблемы, автором сформулирована задача по обеспечению соответствия фактической и нормативной конфигураций программной среды на основе их формализованного сопоставления и выработки корректирующих воздействий.

**Во второй главе** заложены методологические основы организации управления и автоматизации задач по корректировке программной среды АСУ ТП. Автором предложена модель представления фактической конфигурации, включающая критерии полноты и достоверности, что позволяет проводить её сопоставление с целевым описанием. В работе рассмотрены два подхода к управлению – императивный, базирующийся на регламентированной последовательности операций, и декларативный, предполагающий выработку последовательности воздействий на основе выявленных отклонений. На этой основе разработана модель автоматизированного управления программной средой, реализующая

замкнутый контур с использованием нормативного состояния и регулярным контролем конфигурации. Автором рассмотрены архитектурные варианты размещения системы и их ограничения применительно к различным условиям промышленной эксплуатации.

**Третья глава** посвящена практической реализации разработанных методов управления программной средой диспетчерского уровня АСУ ТП на примере реального объекта – водозаборного узла.

Достаточно подробно представлено формирование фактической конфигурации, которая осуществляется на основе сбора системных и прикладных параметров, включая версии компонентов и настройки SCADA-проектов, с использованием стандартных программных интерфейсов операционной системы. Процедуры управления выполнены на базе разработанного программного комплекса централизованного контроля состояния среды АСУ ТП. Предусмотрена также возможность выполнения операций как по заданному регламенту (расписанию), так и в ручном режиме.

**В четвертой главе** приводятся результаты экспериментальной проверки разработанной системы управления программной средой АСУ ТП в условиях промышленной эксплуатации и дается количественная оценка ее эффективности. В ходе испытаний было подтверждено, что при возникновении расхождений между фактическим и целевым состояниями программной среды система управления фиксирует несоответствия этих состояний и автоматически определяет необходимые корректирующие воздействия для восстановления конфигурации среды.

Достаточное внимание уделено оценке экономической эффективности на основе данных эксплуатации водозаборного узла за период 2022–2025 гг. Показано, что внедрение разработанного инструментария позволило достичь снижения трудоемкости процедур управления конфигурацией. Среднемесячные трудозатраты сократились с 13,75 чел./час до 3,25 чел./час

при одновременном снижении эксплуатационных расходов, что убедительно доказывает практическую ценность полученных результатов.

Из анализа содержания диссертационной работы можно сделать следующие выводы:

### **Научная новизна**

Центральной проблемой, которая сформулирована в работе, является разработка теоретической методологии формального описания управления программной средой, которая бы позволила определять и решать системные требования с помощью математических, логических и формальных методов. В рамках этой парадигмы в работе получены научные результаты, заключающиеся:

- в определении модели программной среды диспетчерского уровня АСУ ТП в виде формализованного представления ее конфигурации как множества параметров (выражение (2.1) на стр. 36), которые, в свою очередь, определяются в виде структурированного кортежа (выражение (2.2)) на основе доступных диспетчерских данных;
- в разработке модели управления конфигурацией программной среды в виде замкнутой системы с отрицательными обратными связями, включающими требуемое и текущее состояние конфигурации, определение вектора отклонения (выражение (2.8) на стр. 43) и выработки управления в виде проекта корректирующих воздействий, осуществляемых с санкции оператора;
- в обоснованной технологии централизованного управления или коррекции программной среды АСУ ТП в виде последовательного вычисления отдельных отклонений с дальнейшим формированием корректирующих воздействий (декларативное управление конфигурацией) и модели упорядоченного поэтапного осуществления эти корректирующих воздействий или операций (императивный метод управления);
- в предложенной архитектуре подсистемы централизованного мониторинга и коррекции конфигурации программной среды АСУ ТП как

отдельного контура, не зависящего от прикладных программных компонентов.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Теоретическая значимость работы заключается в развитии научных основ построения и сопровождения программной среды автоматизированных систем управления технологическими процессами. В работе представлены и обоснованы теоретические положения, направленные на формализацию конфигурации программной среды, процессов ее изменения и поддержания в ходе эксплуатации, что расширяет теоретические подходы к проектированию архитектуры и организации сопровождения сложных программных комплексов АСУ ТП.

В работе большое внимание уделено практической реализации полученных научных положений. В 3 и 4 главах подобным образом на конкретном примере управления промышленным водозаборным узлом представлена практическая реализация системы сопровождения программной среды диспетчерского уровня АСУ ТП и доказана техническая и экономическая эффективность ее применения. Практические результаты отражены в 6 свидетельствах о государственной регистрации программ для ЭВМ, а их эффективность – актами внедрения в ООО «АК-Системы» и в ООО «Самолет-Ресурс».

На основании этого можно определить практическую значимость диссертационной работы. Она заключается в том, что применение научных результатов делает возможным автоматизировать выявление конфигурационных отклонений в программной среде АСУ ТП и формировать корректирующие воздействия для ее восстановления в регламентированных условиях эксплуатации. Применение такого контура сопровождения обеспечит снижение трудоемкости контрольно-диагностических и корректирующих операций и обеспечит снижение риска накопления скрытых конфигурационных дефектов, а также дает существенный экономический эффект.

При анализе диссертационной работы выявлены следующие замечания:

1. Название работы не отражает объект и предмет исследования. Его целесообразно уточнить следующим образом: «Разработка методов корректирующего управления программной средой для устранения отклонений конфигурации в автоматизированных системах управления технологическими процессами».
  2. Требуется уточнения формулировка научной новизны (стр. 10), которая определена, как «развитие научных основ построения и сопровождения программной среды АСУТП». В такой формулировке отсутствует сам предмет новизны. Более точной будет формулировка – «Развитие научных основ построения корректирующей системы управления программной средой АСУТП для устранения отклонений конфигурации, выявляемых в процессе эксплуатации».
  3. В утверждении о теоретической значимости (стр. 11): «В работе сформулированы и обоснованы теоретические положения, направленные на формализацию представления конфигурации программной среды и процессов ее *приведения и поддержания* в процессе ее эксплуатации...» не раскрыто, что имеется в виду под термином «приведение».
  4. В определении практической значимости (стр. 11) утверждение, что она заключается в применении разработанных методов для формализованного контроля конфигурации состояния диспетчерского уровня АСУ ТП, не совсем удачно сформулировано. Более корректна формулировка – «для контроля состояния диспетчерского уровня АСУ ТП на основе формализованного представления ее конфигурации».
- В утверждении «уменьшить риск накопления скрытых конфигурационных расхождений» необходимо уточнить – расхождений с чем.
- Утверждение, что значимость работы подтверждается государственной регистрацией программ для ЭВМ, не совсем корректно.

Такая регистрация свидетельствует о практической реализации, а значимость при этом не подвергается экспертизе.

5. В работе программная среда АСУТП рассматривается как самостоятельный объект управления. В связи с этим, прежде чем синтезировать систему автоматизированного контура управления, функциональная схема которого представлена на рис. 6 (стр. 28), необходимо формализовать процедуру анализа возможности определения состояния конфигурации и корректировки программной среды, аналогично тому, как перед синтезом динамических регуляторов производится анализ по наблюдаемости и управляемости объекта. Однако в работе эти свойства программной среды как объекта управления представлены в декларативном виде.

6. В описании формального представления конфигурации программной среды диспетчерского уровня АСУ ТП используются модель фактического состояния на стр. 36 (выражение (2.1)), структурное представление конфигурационного элемента на стр. 37 (выражение (2.2)) и модель целевого состояния на стр. 42 (выражение (2.7)). Дополнительно целевое состояние описывается как множество нормативных параметров. Однако данное множество представляет, по существу, лишь перечень названий соответствующих параметров. В связи с этим оно имеет описательный характер и является избыточным. Целесообразно рассмотреть возможность включения данных обозначений в качестве дополнительных элементов идентификации множеств модели фактического и целевого состояний.

7. В целом работа оформлена качественно, но приведенные в главах 3 и 4 фрагменты программ и экранные формы (стр. 66 - 126) плохо читаемые и имеют избыточно подробный характер описания технологии программной реализации проекта. Целесообразно их представить в виде приложения, а эти главы объединить в одну.

Отмеченные замечания носят уточняющий, рекомендательный и в определенной степени дискуссионный характер и не подвергают сомнению теоретические и практические результаты и выводы диссертации.

### **Общие выводы**

Тема и содержание диссертационной работы соответствуют паспорту специальности 2.3.3. – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами в соответствии с пунктом 11: «Методы создания, эффективной организации и ведения специализированного информационного и программного обеспечения АСУТП, АСУП, АСПП 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», с пунктом 13: «Методы планирования, оптимизации, отладки, сопровождения, модификации и эксплуатации задач функциональных и обеспечивающих подсистем АСУТП, АСУП, АСПП и др., включающие задачи управления качеством, финансами и персоналом» и с пунктом 15: «Теоретические основы, методы и алгоритмы диагностирования (определения работоспособности, поиск неисправностей и прогнозирования) АСУТП, АСУП, АСПП и др.»

**Достоверность научных положений работы, адекватность моделей, обоснованность выводов и рекомендаций** обеспечиваются корректным применением теории систем автоматического управления технологическими процессами, программных комплексов компьютерного моделирования и подтверждается сопоставимостью теоретических выводов и экспериментальных данных.

Материалы диссертации опубликованы в полном объеме. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на ряде международных и всероссийских научных конференций и нашли отражение в 16 научных публикациях, включая 4 статьи в журналах, входящих в Перечень ВАК, и 2 статьи в изданиях, индексируемых в

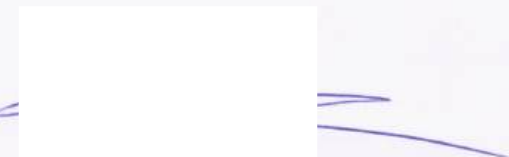
международной базе данных научного цитирования Scopus. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

### Заключение

В результате проделанной работы решена задача по развитию научных основ построения специального контура управления для корректировки конфигурации программной среды диспетчерского уровня АСУ ТП и его практической реализации, имеющая важное народнохозяйственное значение.

Работа Фрасын П.Г. 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**  
доктор технических наук,  
профессор кафедры технологии  
машиностроения, автоматике и  
микропроцессорной техники,  
ФГБОУ ВО Костромской  
государственный университет (КГУ)

  
Староверов Борис Александрович  
«27» апреля 2026 г.

Подпись руки \_\_\_\_\_  
заверяю \_\_\_\_\_  
Начальник канцелярии  
Н.В. Кузнецова \_\_\_\_\_



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
Костромской государственный университет (КГУ)  
Адрес: 156005, г. Кострома, улица Дзержинского, дом 17/11  
Телефон: +7 (4942) 63-49-00  
E-mail: info@kosgos.ru