

ОТЗЫВ

официального оппонента

доктора технических наук, доцента Сагдатуллина Артура Маратовича на диссертационную работу Мухиной Анастасии Геннадьевны «Модели и алгоритмы адаптивного автоматизированного управления пожаровзрывобезопасностью объектов производственно-технического обслуживания газодобывающего комплекса», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки)

1. Актуальность диссертации

Диссертационная работа Мухиной А.Г. посвящена решению актуальной научно-технической задачи разработки моделей, алгоритмов и программно-вычислительного комплекса многоагентной адаптивной системы поддержки принятия решений по управлению пожаровзрывобезопасностью объектов производственно-технического обслуживания газодобывающего комплекса.

Актуальность выбранной темы обусловлена тем, что объекты добычи, подготовки и транспортировки углеводородного сырья, расположенные в районах Крайнего Севера и Сибири, функционируют в осложненных природно-климатических и технологических условиях, и характеризуются высокой концентрацией пожаровзрывоопасных сред, значительной протяженностью производственной инфраструктуры, наличием большого числа однотипных технологических аппаратов и агрегатов, а также повышенными требованиями к надежности мониторинга, диагностике и принятию управленческих решений.

Особую значимость проблеме придает то обстоятельство, что технологические режимы работы от пласта и скважин до УПНК являются взаимосвязанными, а изменение параметров эксплуатации оборудования может приводить к росту вероятности пожароопасных и неработоспособных

В.С. Сагдатуллин

состояний. В этих условиях традиционный контроль отдельных параметров оказывается недостаточным.

Представленная диссертационная работа ориентирована именно на разработку таких методов, позволяющих учитывать неопределенность и неполноту промышленных данных, и применение алгоритмов контроля, прогнозирования и поддержки принятия решений с учетом полученных вероятностных оценок состояния объектов ГДК.

Таким образом, тема диссертационной работы является актуальной как с научной, так и с практической точки зрения и соответствует современным задачам управления технологическими процессами газодобывающего комплекса, а также задачам повышения промышленной и пожарной безопасности производственных объектов.

2. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и результатов

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, являются в достаточной степени обоснованными. Достоверность научных результатов обеспечивается, во-первых, использованием апробированного математического аппарата, включая ансамблевые модификации фильтра Калмана, методы аппроксимации временных рядов, уравнения Колмогорова для марковских процессов с дискретными состояниями и непрерывным временем, а также методы многокритериального анализа. Во-вторых, автором выполнена программная реализация разработанных моделей и алгоритмов. В-третьих, результаты работы апробированы на данных и примерах, относящихся к функционированию объектов газодобывающего комплекса.

Анализ результатов и выводов диссертационной работы выполнен на основе исследования динамики показателей ПВБ системы «пласт – скважина» с учётом неопределённости априорной информации, а также

построения многоконтурной модели адаптивного управления с внутренним и внешним контурами адаптации. Использование указанных методов позволило автору обосновать возможность расчёта комплексных показателей ПВБ и оценивания вероятности пребывания объектов управления в работоспособных и пожароопасных неработоспособных состояниях.

Представленные в диссертации выводы согласуются с поставленной целью и задачами исследования.

3. Научная новизна диссертационной работы

Научная новизна диссертационной работы заключается в развитии методического и алгоритмического обеспечения адаптивного автоматизированного управления пожаровзрывобезопасностью объектов ПТО газодобывающего комплекса. К числу наиболее значимых научных результатов, обладающих элементами научной новизны, следует отнести:

а) модели и алгоритмы многокритериального выбора моделей аппроксимации и аппарата адаптивного прогнозирования показателей ПВБ системы «пласт – скважина» на тактическом уровне управления, позволяющие учитывать неполноту и неопределённость промышленных данных;

б) алгоритмы оценки показателей ПВБ объектов системы «УКПГ – СОГ – УПНК» на тактическом и оперативном уровнях управления, основанные на вероятностном описании работоспособных и пожароопасных неработоспособных состояний оборудования;

в) модели многокритериальной оптимизации рисков недополучения дохода и затрат, связанных с восстановлением и обеспечением пожаровзрывобезопасного функционирования объектов ПТО ГДК;

г) архитектуру многоагентной адаптивной сетевидной СППР и технологии взаимодействия программных агентов, обеспечивающие согласованное применение моделей прогнозирования, диагностики, оценки рисков и выбора управленческих решений.

Указанные результаты обеспечивают возможность комплексного учета неопределенности, неполноты промышленных данных, вероятностных характеристик состояний оборудования и взаимного влияния технологических подсистем при формировании решений по управлению пожаровзрывобезопасностью.

4. Теоретическая и практическая значимость диссертации

Научная значимость работы заключается в предложенном подходе к управлению пожаровзрывобезопасностью объектов ПТО ГДК, который состоит в разработке, верификации и апробации моделей, алгоритмов и модулей ПВК МАССППР для адаптивного управления ПВБ опасных производственных объектов газовых промыслов. Разработки, предложенные в рамках диссертационной работы, отличаются применением аппарата множественного ансамбля фильтра Калмана (АФК) для решения задачи адаптивного прогнозирования показателей ПВБ объектов ПТО ГДК, а также применением теории марковских случайных процессов в части динамики средних для описания функционирования групп объектов УКПГ, СОГ и УПНК, применением методов сетецентрического управления и технологий многоагентного моделирования при разработке программных агентов многоагентной сетецентрической компьютерной системы поддержки принятия решений по адаптивному управлению ПВБ объектов ПТО ГДК.

Автором диссертационной работы разработан комплекс моделей и алгоритмов по адаптивному управлению ПВБ объектов систем «пласт-скважина» и «УКПГ-СОГ-УПНК», которые составляют основу газодобывающего комплекса. Кроме того, в части программного обеспечения АСУ ПВБ объектов ПТО ГДК автором работы предложен подход к разработке модулей программно-вычислительного комплекса с обращением к основным библиотекам для взаимодействия программных агентов, позволяющих осуществлять решение ряда задач по адаптивному управлению ПВБ объектов ПТО ГДК.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в применении разработанного комплекса моделей и алгоритмов для определения показателей ПВБ применительно к объектам системы «пласт-скважина» и «УКПГ-СОГ-УПНК», адаптивного управления ПВБ и адаптивного прогнозирования пожаровзрывобезопасного состояния объектов ПТО ГДК. Применение предложенных моделей и алгоритмов позволит не только обеспечить поддержку принятия решений по управлению пожаровзрывобезопасностью объектов и подсистем ГДК, но и определить взаимовлияние основных групп объектов систем «пласт-скважина» и «УКПГ-СОГ-УПНК» на обеспечение пожаровзрывобезопасного состояния, а также определить сценарии рационального управления комплексной безопасностью объектов ПТО ГДК. Разработанное математическое и программное обеспечение позволяет обеспечить требуемый уровень продуктивности объектов системы «пласт-скважина», обеспечить заявленный уровень ПВБ объектов добычи и подготовки газа НГКМ, и могут быть использованы как основа для построения опытного программно-вычислительного комплекса поддержки принятия решений. Кроме того, результаты диссертации могут быть востребованы при выполнении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, связанных с цифровизацией технологических процессов добычи и подготовки газа, а также в образовательном процессе по направлениям автоматизации, управления и промышленной безопасности.

5. Оценка содержания диссертации, ее завершенности

Диссертация Мухиной А.Г. является завершенной научно-квалификационной работой. Она оформлена в соответствии с общепринятой структурой и включает введение, четыре главы, заключение, приложения и список литературы. Представленный объем работы, количество иллюстративного и табличного материала, а также перечень

использованных источников свидетельствуют о значительном объеме выполненных исследований.

Во введении обоснована актуальность работы, приведены цель, объект исследования, предмет исследования, показана научная новизна, практическая ценность, реализация и апробация работы.

В первой главе выполнен анализ научно-технических изданий и разработана и представлена многоконтурная модель адаптивного управления пожаровзрывобезопасностью объектов ПТО ГДК, отличающаяся наличием внешнего и внутреннего контура адаптации применительно к обработке промышленных данных функционирования производственных объектов ПТО ГДК.

Во второй главе разработаны модели и алгоритмы обеспечения ПВБ групп объектов УКПГ с учетом пожароопасных состояний. Предложен алгоритм многокритериального выбора предпочтительной пожаровзрывобезопасной технологии подготовки газа, критерии оптимальности для определения предпочтительной технологии подготовки газа. Предложена и реализована структурная модель взаимодействия марковских случайных процессов с дискретными состояниями и непрерывным временем. В главе разработаны модели оптимизации рисков пожаровзрывобезопасности при применении технологий низкотемпературной сепарации и низкотемпературной абсорбции на УКПГ нефтегазоконденсатных месторождений ЯНАО.

В третьей главе представлена модель многокритериального выбора аппарата адаптивного прогнозирования показателей ПВБ объектов ПТО ГДК, отличающаяся встроенным алгоритмом многокритериального выбора модели аппроксимации показателей ПВБ объектов ПТО ГДК. Предложена постановка и решение задачи адаптивного прогнозирования производственных показателей ПВБ с применением модифицированного множественного АФК (с учетом этапа корректировки среднего по ансамблю

показателя ПВБ и определением числа подансамблей для иерархического множественного АФК).

В четвертой главе разработан программно-вычислительный комплекс с применением методов сетецентрического управления и технологий многоагентного моделирования и предложена архитектура многоуровневой МАСППР по управлению объектами системы «пласт-скважина-УКПГ», в которой каждый программный модуль рассматривается как программный агент, реализованный с применением библиотек языка взаимодействия агентов (ACL) и стандартов MASIF и FIPA.

В заключении сформулированы основные научные и практические результаты диссертации, подтверждающие достижение поставленной цели. Приложения содержат материалы, связанные с внедрением и государственной регистрацией программ для ЭВМ.

Содержание диссертации соответствует заявленной теме и специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами. Автореферат в целом отражает основные положения, научную новизну, практическую значимость и результаты диссертационной работы.

6. Публикации, апробация и внедрение результатов

Основные результаты диссертационного исследования прошли достаточную апробацию. По теме диссертации опубликовано 20 научных работ, в том числе 11 публикаций в рецензируемых научных изданиях, включенных в перечень ВАК России, а также работы, индексируемые в международных базах данных. Получены свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, что подтверждает практическую реализацию разработанных алгоритмов и программных модулей.

Результаты исследования докладывались и обсуждались на международных и всероссийских научно-практических конференциях и

научных семинарах, что свидетельствует о достаточном уровне апробации. Наличие актов внедрения и материалов, подтверждающих использование разработок, усиливает практическую значимость диссертационной работы.

7. Замечания и предложения по диссертационной работе и автореферату

По результатам изучения диссертации и автореферата целесообразно отметить следующие замечания:

а) во второй главе при разработке и апробации моделей функционирования групп объектов УКПГ рекомендуется также подробнее рассмотреть результаты взаимодействия групп объектов УКПГ и групп объектов системы охлаждения газа (СОГ) и установки подготовки нестабильного конденсата (УПНК);

б) при описании взаимодействующих марковских моделей групп оборудования УКПГ, СОГ и УПНК целесообразно было бы подробнее раскрыть процедуру верификации зависимостей интенсивностей переходов от средних численностей состояний ведущих и зависимых групп объектов. Это позволило бы более явно показать устойчивость предложенного подхода при изменении исходных статистических данных;

в) при определении проблемы адаптивного управления ПВБ объектов ПТО ГДК имело бы смысл подробнее рассмотреть решение задачи обработки геолого-геофизической информации для получения уточненного представления о пожаровзрывобезопасном состоянии объекта «пласт»;

г) в третьей главе при выборе аппарата адаптивного прогнозирования показателей ПВБ желательно было бы более развернуто представить сравнительный анализ с альтернативными моделями временных рядов и машинного обучения, включая авторегрессионные модели, рекуррентные нейросетевые модели и модели прогнозирования условной дисперсии. Это позволило бы более явно обосновать преимущество выбранных

модификаций ансамблевого фильтра Калмана для рассматриваемого класса задач.

д) в четвертой главе работы следовало бы уделить внимание разработке модуля адаптивной диагностики пожаровзрывоопасного состояния оборудования объектов систем «пласт-скважина» и «УКПГ-СОГ-УПНК». Вместе с тем было бы целесообразно подробнее описать механизм согласования решений между агентами и критерии доверия к итоговой рекомендации системы.

Указанные замечания не снижают научной и практической значимости выполненной работы и имеют рекомендательный характер.

8. Заключение

Диссертационная работа Мухиной Анастасии Геннадьевны «Модели и алгоритмы адаптивного автоматизированного управления пожаровзрывобезопасностью объектов производственно-технического обслуживания газодобывающего комплекса» является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научно-техническая задача разработки моделей, алгоритмов и программных модулей многоагентной адаптивной сетцентрической системы поддержки принятия решений по управлению пожаровзрывобезопасностью объектов ПТО ГДК.

Полученные автором результаты обладают научной новизной, теоретической и практической значимостью. Разработанные модели и алгоритмы позволяют выполнять адаптивное прогнозирование показателей ПВБ, оценивать состояния групп оборудования, оптимизировать риски недополучения дохода и затрат на восстановление, а также выбирать предпочтительные технологии подготовки газа с учетом пожароопасных состояний объектов управления.

Автореферат отражает основное содержание диссертации, ее научную новизну, положения, выносимые на защиту, результаты апробации и

практическую значимость. Публикации автора соответствуют теме диссертационного исследования и достаточно полно отражают основные результаты работы.

Считаю, что диссертационная работа Мухиной А.Г. по актуальности, научной новизне, степени обоснованности результатов, теоретической и практической значимости соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Мухина Анастасия Геннадьевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки).

Официальный оппонент

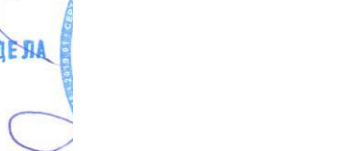
доктор технических наук, доцент, профессор кафедры информатики и вычислительной математики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»

Сагдатуллин Артур Маратович

05 июня 2026 г.

Подпись РУКИ
ЗАВЕРЯЮ:
ЗАВ.КАНДЕЛЯРИЕЙ
АДМИНИСТРАТИВНОГО ОТДЕЛА
М.А. ГУСЕВА

Сагдатуллин Артур Маратович



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)»

Адрес: 141700, Московская обл., г. Долгопрудный, Институтский пер., д. 9

Телефон: +7 495 408-45-54 Адрес электронной почты: info@mipt.ru