

УТВЕРЖДАЮ

Директор Федерального
государственного бюджетного научного
учреждения «Федеральный
исследовательский центр «Красноярский
научный центр Сибирского отделения
Российской академии наук», член-
корреспондент РАН, доктор
сельскохозяйственных наук, доцент

А.А. Шпедт

« 07 » 09 2026 г.

**ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ
на диссертацию МАМЕДОВА Тимура Габировича
«Методы, модели и инструментальные средства
интеллектуальной поддержки принятия решений
в прогнозных исследованиях топливно-энергетического комплекса»,
представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности 1.2.2. Математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ**

Актуальность исследований и степень разработанности темы

Топливо-энергетический комплекс (ТЭК) является ключевой сферой, определяющей социально-экономическое развитие страны. Актуальность прогнозных исследований в ТЭК обусловлена необходимостью учёта множества разнородных характеристик систем энергетики для планирования и реализации стратегий оптимального энергообеспечения потребителей в условиях изменения климата, «турбулентности» экономических и политических процессов.

Принятие решений по управлению ТЭК, обеспечению энергетической безопасности отраслей и регионов требует развития математических моделей и программных средств. В настоящее время проводится анализ уязвимости энергетической инфраструктуры, оценка устойчивости энергетических систем к возмущающим воздействиям, надёжности энергоснабжения потребителей, формирование сценариев для анализа последствий реализации угроз разного генезиса.

К настоящему времени получены значимые результаты количественной оценки состояний ТЭК за счёт применения методов математического моделирования. Формализованы экспертные знания об угрозах, факторах и мероприятиях. Вместе с тем сохраняется проблема недостаточной формализации перехода от результатов семантического анализа к построению вычислительных сценариев и количественной оценке состояний ТЭК.

В связи с этим работа Мамедова Т.Г., посвящённая разработке методов, моделей и инструментальных средств интеллектуальной поддержки принятия решений в прогнозных исследованиях ТЭК, является актуальной и значимой. В работе обеспечена интеграция семантического, в том числе онтологического и когнитивного, моделирования с экономико-математической моделью ТЭК и вычислительным экспериментом.

Цель и задачи исследования

Целью работы является повышение энергетической безопасности за счет интеллектуальной поддержки принятия решений в прогнозных исследованиях ТЭК.

Для достижения поставленной цели автором решены следующие задачи:

1. Выполнен анализ предметной области, существующих технологий и инструментальных средств проведения прогнозных исследований ТЭК с позиции обеспечения энергетической безопасности.

2. Разработана методика интеграции семантического и математического моделирования в исследованиях направлений развития ТЭК по обеспечению энергетической безопасности.

3. Модифицирована экономико-математическая модель ТЭК путём введения дополнительных уравнений, отражающих экономические, экологические и квазидинамические связи. Обеспечен учёт бюджетных, экологических и межпериодных ограничений при исследовании направлений развития ТЭК. Разработана формализованная модель вычислительного эксперимента, отличающаяся интеграцией математических и семантических моделей.

4. Разработан численный метод стохастической корректировки параметров экономико-математической модели ТЭК на основе метода Монте-Карло с использованием когнитивных весов.

5. Реализован многоагентный программный комплекс ИНТЭК-SAW, поддерживающий предложенную методику. Модифицирована технология поддержки принятия стратегических решений по развитию ТЭК с позиции обеспечения энергетической безопасности на основе разработанного ПК.

Характеристика диссертационной работы по главам

Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения, списка литературы, содержащего 108 источников, трёх приложений. Общий объем основного текста составляет 216 страниц, включает 47 рисунков, 17 таблиц.

Во **введении** обосновывается актуальность темы исследования, цель и задачи исследования, новизна полученных результатов, теоретическая и практическая значимость, степень достоверности и апробация работы.

Первая глава посвящена описанию предметной области, процессов возникновения угроз, критических и чрезвычайных ситуаций. Рассмотрены понятия прогнозных исследований, связанных с развитием ТЭК, вопросы обеспечения энергетической безопасности (ЭБ). Выполнен анализ исследований и инструментальных средств моделирования развития ТЭК с позиций ЭБ. Показана проблема слабой структурированности процессов анализа угроз энергетической безопасности, преобладания экспертных оценок при разработке мероприятий по снижению последствий реализации угроз, в том числе комбинированного

характера.

Современные методы интеллектуальной поддержки принятия решений для обеспечения ЭБ включают онтологическое и когнитивное моделирование, основанные на ситуационном подходе. Однако связи онтологического и когнитивного моделирования с параметрами экономико-математических моделей ТЭК недостаточно формализованы, что затрудняет переход от экспертного анализа к количественной оценке угроз. Подчёркнута важность интеграции семантического и математическим моделирования. На основе этого сформулированы задачи работы и их актуальность. Необходимо повысить эффективность проводимых исследований за счёт разработки специализированного методического и программного обеспечения, интегрирующей инструменты семантического моделирования, разработанные в ИСЭМ СО РАН, такие как OntoMap, GogMap, EventMap и другие. Перечисленные компоненты образуют взаимодополняющий комплекс средств качественного анализа, обеспечивающий полный цикл формирования сценариев энергетической безопасности.

Во **второй главе** предложена методика интеграции семантического и математического моделирования в прогнозных исследованиях ТЭК с позиции обеспечения ЭБ. Методика обеспечивает связь онтологических и когнитивных моделей с экономико-математической моделью ТЭК, вычислительными сценариями и количественной оценкой состояний энергетической системы. На примере моделей оценки эффективности сложных систем показано развитие фрактального стратифицированного подхода к структурированию знаний. Прогнозные исследования ТЭК представлены в виде фрактального стратифицированного информационного пространства, в котором данные, знания, модели и результаты исследования организуются в виде множества взаимосвязанных слоёв. Это позволило согласовать качественный анализ угроз с мероприятиями по их нейтрализации, корректно описать сценарные состояния ТЭК и индикаторов энергетической безопасности.

Приведена экономико-математическая модель территориально-отраслевого баланса ТЭК, используемая в качестве математической основы вычислительных экспериментов. Для учёта инвестиционных, бюджетных, экологических и межпериодных ограничений при исследовании направлений развития ТЭК модель дополнена экономическими, экологическими и квазидинамическими уравнениями.

Одним из важнейших научных результатов работы считаем численный метод стохастической корректировки параметров экономико-математической модели ТЭК на основе метода Монте-Карло с использованием когнитивных весов причинно-следственных связей. Он позволяет учесть неопределённости экспертных оценок воздействий угроз и мероприятий при формировании множества сценарных состояний ТЭК.

В разделе 2.4 обоснована необходимость реинжиниринга программных комплексов семейства ИНТЭК. Представлены проектные решения по созданию программного комплекса ИНТЭК-SAW. Комплекс предназначен для поддержки семантического моделирования, формирования вычислительных сценариев, проведения вычислительных экспериментов и анализа результатов в прогнозных

исследованиях ТЭК с позиции обеспечения энергетической безопасности.

В **третьей главе** описывается программная реализации разработанных автором методов, моделей и инструментальных средств для интеллектуальной поддержки прогнозных исследований ТЭК для обеспечения ЭБ. Интеграция семантического и математического моделирования реализована в веб-системе ИНТЭК-SAW. Архитектура, структура и основные принципы построения комплекса проиллюстрированы схемами в стандартных нотациях. Показаны особенности реализации функциональных компонентов, обеспечивающих построение моделей, формирование вычислительных сценариев, выполнение расчётов и представление результатов исследования.

Особое внимание уделено реализации технологии поддержки принятия стратегических решений по развитию ТЭК с позиции обеспечения ЭБ, основанной на совместном использовании онтологического, когнитивного и экономико-математического моделирования. Показано, каким образом в рамках программного комплекса обеспечивается переход от семантического моделирования исследуемой ситуации к формированию вычислительного сценария и количественной оценке последствий рассматриваемых воздействий.

Представлены результаты апробации разработанного методического и программного обеспечения на примерах вычислительных экспериментов, включая угрозы повышенных выбросов CO₂, дефицита генерации электроэнергии ГЭС Ангара-Енисейского каскада в связи с маловодьем, возможные последствия повреждения Уральского газотранспортного коридора, а также оценка влияния инвестиций на развитие газовой отрасли. Вычислительные эксперименты в полной мере позволяют оценить работоспособность предложенных решений и практическую значимость комплекса ИНТЭК-SAW для исследований направлений развития ТЭК с позиции обеспечения энергетической безопасности.

В **заключении** представлены общие выводы по работе, которые в достаточной мере отражают полученные результаты исследования. Перечислены организации, использующие результаты диссертационной работы.

В **приложениях** представлены семь свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ и баз данных, перечислены основные виды угроз энергетической безопасности их характер и последствия проявления, а также акты о внедрении результатов исследования научно-исследовательскую деятельность Института энергетики Национальной академии наук Беларуси, в учебный процесс ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет» и ФГБОУ «Иркутский национальный исследовательский технический университет».

Научная новизна результатов работы

К основным результатам диссертационной работы Мамедова Т.Г., обладающим научной новизной, относятся следующие:

1) впервые для прогнозных исследований ТЭК разработана методика интеграции математических и интеллектуальных технологий, отличающаяся совместным использованием онтологических, когнитивных и экономико-математических моделей и предусматривающая автоматизированный переход от

качественного анализа к формированию вычислительных сценариев экономико-математической модели ТЭК с позиции обеспечения энергетической безопасности;

2) модифицирована экономико-математическая модель ТЭК путём введения дополнительных уравнений, отражающих экономические, экологические и квазидинамические связи, что обеспечивает учёт бюджетных, экологических и межпериодных ограничений при исследовании направлений развития ТЭК. Разработана формализованная модель вычислительного эксперимента, отличающаяся совместным представлением математических и семантических моделей;

3) разработан численный метод стохастической корректировки параметров экономико-математической модели ТЭК, отличающийся учётом когнитивных весов при формировании множества сценарных параметров;

4) модифицирована технология поддержки принятия стратегических решений по развитию ТЭК с позиции обеспечения энергетической безопасности, отличающаяся совместным использованием математических и семантических моделей, на основе применения разработанного многоагентного программного комплекса ИНТЭК-SAW.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и результатов диссертационной работы обеспечивается использованием теории математического моделирования, системного анализа, линейного программирования, онтологического и когнитивного моделирования, а также согласованностью предложенных методов с задачами прогнозных исследований топливно-энергетического комплекса с позиции обеспечения энергетической безопасности. Достоверность результатов подтверждается корректностью постановок вычислительных экспериментов, использованием экономико-математической модели территориально-отраслевого баланса ТЭК, реализацией разработанных методических и алгоритмических решений в программном комплексе ИНТЭК-SAW, проведением серии расчетов по сценариям экологических, природных, техногенных и инвестиционных ограничений, а также содержательной непротиворечивостью полученных результатов известным закономерностям функционирования и развития ТЭК. Результаты, представленные в диссертационной работе Мамедова Т.Г., широко апробированы на всероссийских и международных конференциях.

Теоретическая и практическая значимость результатов

Полученные результаты исследований имеют существенную теоретическую и практическую ценность. Убедительно показано, что полученные результаты представляют собой совокупность новых научно-технологических методов, совершенствующих информационные процессы поддержки исследований сценариев развития сложных систем с учётом взаимовлияния множества гетерогенных факторов. Теоретическая значимость результатов заключается в разработке методического подхода к проведению исследований направлений развития ТЭК с позиции энергетической безопасности, интегрирующего семантическое и математическое моделирование, отличающегося автоматизированным переходом от качественного анализа к количественному, а

именно, от онтологических и когнитивных моделей к математическим моделям.

Практическая значимость диссертационной работы определяется расширением инструментальных возможностей прогнозных исследований ТЭК. Практическое применение результатов показано на вычислительных экспериментах по оценке последствий дефицита инвестиций в развитие газовой отрасли и влияния экологических ограничений на структуру топливно-энергетического баланса. Разработанный программный комплекс ИНТЭК-SAW может использоваться при подготовке материалов для обоснования стратегических решений по развитию ТЭК и мероприятий по снижению негативных последствий реализации угроз энергетической безопасности.

Практическая значимость результатов диссертационной работы подтверждается использованием результатов исследования в научно-исследовательской деятельности Института энергетики Национальной академии наук Беларуси, передачей программного комплекса ИНТЭК-SAW в НИИ информационных технологий Ханты-Мансийского автономного округа (Югры), а также применением результатов в учебном процессе Иркутского национального исследовательского технического университета и Иркутского государственного университета.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Целесообразно продолжить работу по проведению вычислительных экспериментов для всего спектра угроз энергетической безопасности, приведённых в Приложении Б. Широкая география внедрения программного комплекса ИНТЭК-SAW даёт возможность получить обратную связь от экспертов для совершенствования моделей и функционала системы.

Тщательно проработанный интерфейс, возможность централизованного хранения моделей, онтологий, когнитивных карт, вычислительных сценариев открывают перспективы применения инструментальных средств для исследования других аспектов развития топливно-энергетического комплекса в масштабе регионов и страны в целом.

Выводы, сделанные в диссертации, хорошо аргументированы и обоснованы, не противоречат общепринятым научным представлениям. Все материалы, привлечённые автором из открытых источников, сопровождаются корректными ссылками.

Соответствие паспорту специальности

Представленные в диссертации Мамедова Т.Г. результаты научных исследований соответствуют области исследований по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки). А именно, п. 3. – реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента; п. 8. – комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента и п.9. – постановка и проведение численных экспериментов, статистический анализ их результатов, в том числе с применением современных компьютерных технологий.

Публикации

По результатам диссертационного исследования Мамедова Т.Г. опубликовано 18 работ, из них три статьи в журналах из перечня ВАК по специальности 1.2.2., технические науки (К2), три публикации в изданиях, индексируемых в наукометрических базах Web of Science и Scopus. Имеется семь свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ и баз данных. Все материалы диссертационного исследования достаточно полно отражены в опубликованных работах.

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

Автореферат логически выстроен, хорошо структурирован, в достаточной мере отражает содержание диссертационной работы. Как часть выполненной научной работы автореферат свидетельствует о ее высоком научном уровне, отражает компетентность автора в области проводимых исследований и полностью удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

Замечания по диссертационной работе

По содержанию работы имеются замечания.

1. На Рисунке 1.1 среди задач исследований проблем энергетической безопасности указан отбор наиболее эффективных мероприятий на множестве сценариев. Не указано, как определяется эффективность мероприятий, каковы критерии эффективности.

2. Не ясны преимущества графической визуализации фрактального стратифицированного подхода. Чем обусловлен порядок слоёв и их размеры в конусе (Рисунок 2.1)? Каким образом связаны элементы, находящиеся в одном слое (Рисунок 2.2)? Следует ли понимать, что компенсационные мероприятия E_k описываются линейными моделями M_l , а превентивные E_p – нелинейными M_{nl} ?

3. В разделе 2.4 утверждается, что программные комплексы ИНТЭК, реализованы на основе агентного подхода к распределению функций между специализированными компонентами. Однако отсутствуют пояснение агентного подхода, его отличия от сервисов и модулей.

4. Почему при описании архитектуры программного комплекса (3.1) не использовалась стандартная нотация ArchiMate?

5. Отсутствует расшифровка понятия MPS-модель (стр. 127).

6. В интерфейсе агента сценариев (Рисунок 3.9) необоснованно перемешаны русские и английские обозначения элементов.

7. В заключении отсутствуют рекомендации по использованию разработанного инструментария. Следовало бы кратко описать направления дальнейших исследований.

В целом отмеченные замечания не влияют на ценность полученных теоретических и практических результатов работы, не снижают качество проведённых исследований.

Соответствие диссертации критериям «Положения о присуждении

учёных степеней»

По п. 9. Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, имеющей значение для развития методов, моделей и программных средств интеллектуальной поддержки принятия решений в прогнозных исследованиях топливно-энергетического комплекса с позиции обеспечения энергетической безопасности.

По п. 10. Диссертация написана автором самостоятельно в виде рукописи, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, заслуживающие публичной защиты. Содержание диссертации и опубликованные работы свидетельствуют о достаточном вкладе автора в науку. Предложенные в диссертации решения аргументированы и оценены в сравнении с известными методами и подходами. В диссертации имеются сведения о практической полезности выполненных исследований, подтверждённые актами внедрения.

По п. 11–13. Основные научные результаты достаточно полно отражены в 18 опубликованных работах, в том числе в трёх статьях в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

По п. 14. Диссертация соответствует указанным критериям.

Общее заключение

Представленная на отзыв кандидатская диссертация Мамедова Т.Г. на тему «Методы, модели и инструментальные средства интеллектуальной поддержки принятия решений в прогнозных исследованиях топливно-энергетического комплекса» имеет внутреннее единство и новизну. Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение актуальной научной задачи, имеющей существенное значение для развития технологий создания инструментальных сред поддержки принятия решений по управлению сложными системами в долгосрочной перспективе. Содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки). Достоверность результатов работы не вызывает сомнений, результаты диссертационного исследования полно опубликованы и известны специалистам. Автореферат отражает содержание диссертации.

Считаем, что диссертация Мамедова Т.Г. на тему «Методы, модели и инструментальные средства интеллектуальной поддержки принятия решений в прогнозных исследованиях топливно-энергетического комплекса» по своей актуальности, научной новизне, объёму выполненных исследований и практической значимости полученных результатов удовлетворяет требованиям пунктов 9-14 Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, а её автор Мамедов Тимур Габилевич заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по указанной специальности.

кандидата технических наук по указанной специальности.

Отзыв составлен старшим научным сотрудником 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» (далее – ИВМ СО РАН) доктором технических наук (специальность 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ) Кирик Екатериной Сергеевной и старшим научным сотрудником ИВМ СО РАН доктором технических наук (специальность 05.25.05. Информационные системы и процессы) Ничепорчуком Валерием Васильевичем.

Отзыв на диссертацию Мамедова Т.Г. рассмотрен и обсужден на совместном заседании научного семинара отдела № 8 «Прикладная информатика» ИВМ СО РАН и научного семинара ИВМ СО РАН «Проблемы математического и численного моделирования» 7 сентября 2026 г., протокол № 9/2026.

Старший научный сотрудник
отдела

«Информационно-
телекоммуникационных
технологий» ИВМ СО РАН

доктор технических наук
Email: kirik@icm.krasn.ru;
тел.: 8 (391) 290-73-56

≥ Кирик Екатерина Сергеевна

«07» 09 2026 г.

Старший научный сотрудник
отдела

«Прикладной информатики»
ИВМ СО РАН

доктор технических наук
Email: valera@icm.krasn.ru;
тел.: 8 (391) 290-73-56

— Ничепорчук Валерий Васильевич

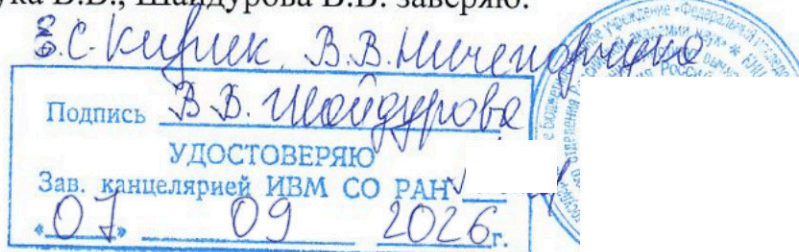
«07» 09 2026 г.

Председатель семинара
директор ИВМ СО РАН
доктор физико-математических
наук,
профессор, академик РАН

— Шайдуров Владимир
Викторович

«07» 09 2026 г.

Подписи Кирик Е.С., Ничепорчука В.В., Шайдурова В.В. заверяю.



Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр
Сибирского отделения Российской академии наук» (ФИЦ КНЦ СО РАН);
адрес: 660036, Красноярск, Академгородок д. 50;
тел: (391) 243-45-12; Email: fic@ksc.krasn.ru; <https://ksc.krasn.ru>.

Институт вычислительного моделирования Сибирского отделения
Российской академии наук – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН;
адрес: 660036, Красноярск, Академгородок д. 50, стр. 44;
тел: (391) 290-73-56; Email: sek@icm.krasn.ru ; <https://icm.krasn.ru>.
Директор ИВМ СО РАН профессор, академик РАН
Шайдуров Владимир Викторович