

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке и инновациям
федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский
университет «МЭИ», д.т.н.



Комаров И.И.

25 марта 2026 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Ланина Сергея Николаевича на тему «Статистическое обеспечение моделирования режимов магистрального транспорта природного газа», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата экономических наук по специальности 5.2.2 – Математические, статистические и инструментальные методы в экономике

1. Актуальность темы исследования

В современных условиях развития топливно-энергетического комплекса и усложнения технологической инфраструктуры газотранспортной отрасли особое значение приобретает повышение экономической эффективности управления потоками природного газа. Единая система газоснабжения Российской Федерации (ЕСГ) представляет собой одну из крупнейших в мире инфраструктурных систем, включающую разветвлённую сеть магистральных газопроводов, компрессорных станций, подземных хранилищ газа и объектов распределения. Эффективность её функционирования в значительной степени зависит от качества информационного обеспечения процессов диспетчерского управления, достоверности режимно-технологических и учётно-балансовых данных, а также обоснованности принимаемых управленческих решений.

В условиях цифровой трансформации экономики и активного внедрения технологий анализа данных, машинного обучения и интеллектуальных систем управления возрастает необходимость применения современных экономико-математических и статистических методов для анализа режимов функционирования газотранспортных систем. Традиционные подходы к планированию и управлению режимами транспортировки газа, основанные преимущественно на детерминированных моделях и экспертных оценках, в

ряде случаев оказываются недостаточно эффективными в условиях высокой динамики технологических процессов, значительных объёмов данных и неопределённости внешних факторов.

Особую актуальность приобретают задачи повышения достоверности технологической информации, выявления и корректировки аномалий в данных, прогнозирования расхода топливного газа и оптимизации режимов работы газотранспортной системы с учётом как технических, так и экономических параметров. Решение данных задач требует разработки новых методов обработки и анализа данных, а также интеграции современных инструментов машинного обучения и эволюционных алгоритмов в процессы управления инфраструктурными системами масштаба отрасли.

В научной литературе достаточно широко представлены исследования, посвящённые моделированию и оптимизации режимов функционирования газотранспортных систем. Вместе с тем значительная часть существующих работ ориентирована преимущественно на технологические аспекты транспортировки газа и не в полной мере учитывает экономическую эффективность принимаемых управленческих решений. Кроме того, остаются недостаточно разработанными вопросы комплексного применения методов анализа данных, прогнозирования и многокритериальной оптимизации в рамках единой системы поддержки принятия решений для управления потоками природного газа.

В связи с этим особую научную и практическую значимость приобретает разработка методов и инструментов статистического обеспечения моделирования режимов магистрального транспорта природного газа, направленных на повышение достоверности данных, точности прогнозирования и экономической эффективности функционирования газотранспортной системы. На решение данной научной задачи и направлено диссертационное исследование С.Н. Ланина, что позволяет сделать вывод об актуальности темы представленной диссертационной работы.

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

Соискатель в диссертационной работе чётко сформулировал цель и задачи исследования, определил объект и предмет исследования, которые полностью соответствуют выбранной области научных исследований и тематике диссертационной работы. Представленные в работе научные положения, выводы и рекомендации характеризуются логической взаимосвязанностью, последовательностью изложения и направлены на решение актуальной научно-практической задачи повышения экономической эффективности управления потоками природного газа в газотранспортных системах.

Высокая степень обоснованности и достоверности научных результатов, сформулированных в диссертации, обеспечивается рядом факторов.

Во-первых, в работе использована представительная информационная база исследования, включающая ретроспективные режимно-технологические и учётно-балансовые данные функционирования газотранспортных систем, а также аналитические материалы отраслевых организаций и результаты компьютерного моделирования процессов транспортировки природного газа. Это позволило обеспечить практическую направленность исследования и проверить предложенные методы на реальных данных.

Во-вторых, теоретико-методологическая база исследования сформирована на основе трудов отечественных и зарубежных ученых в области экономико-математического моделирования, статистического анализа, управления сложными технико-экономическими системами, машинного обучения и методов оптимизации.

В-третьих, в работе корректно применены современные методы научного исследования, включая методы статистического анализа данных, экономико-математического моделирования, машинного обучения, многокритериальной оптимизации и эволюционных алгоритмов. Использование данного инструментария позволило сформировать научно обоснованные модели прогнозирования расхода топливного газа, методы выявления и корректировки аномалий в технологических данных, а также подходы к оптимизации режимов функционирования газотранспортной системы.

В-четвёртых, диссертационное исследование отличается внутренней логической целостностью, последовательностью изложения и взаимосвязью всех разделов работы, что обеспечивает аргументированность полученных выводов и рекомендаций.

В-пятых, основные положения и результаты исследования прошли апробацию на международных и всероссийских научно-практических конференциях, а также отражены в научных публикациях автора, включая публикации в рецензируемых научных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Российской Федерации.

Перечисленные обстоятельства свидетельствуют о высокой степени обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, представленных в диссертационной работе С.Н. Ланина.

3. Логика, структура и содержание материалов диссертации

Содержание и структура диссертации соответствуют поставленной цели исследования. Структура диссертационного исследования сформирована с учётом причинно-следственной связи и логической последовательности решения поставленных задач. Структура работы соответствует

традиционному варианту и содержит введение, три главы, заключение и список использованной литературы.

Во введении (стр. 3 – 11) обоснована актуальность выбранной темы исследования, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, определены объект и предмет исследования. Представлены положения, отражающие научную новизну полученных результатов, раскрыта логика исследования, а также приведены сведения об апробации основных результатов работы и публикациях соискателя.

В первой главе (стр. 12 – 62) рассмотрены теоретические основы управления и моделирования режимов функционирования газотранспортных систем, а также проанализированы существующие подходы к обработке технологических данных при управлении потоками природного газа. В главе представлен обзор научных исследований, посвящённых моделированию газотранспортных процессов, прогнозированию расхода газа и применению экономико-математических и статистических методов в задачах управления газотранспортными системами (стр. 12 – 52). Проведённый анализ позволил выявить ограничения существующих подходов, связанные с недостаточным учётом экономических факторов и ограниченным использованием современных методов анализа данных. На этой основе сформулированы требования к методам статистического обеспечения моделирования режимов транспортировки газа и обоснована необходимость разработки комплексного подхода, объединяющего методы анализа данных, прогнозирования и оптимизации (стр. 61 – 62).

Во второй главе (стр. 63 – 116) рассмотрены методы статистического анализа режимно-технологических данных газотранспортной системы и подходы к повышению достоверности информационного обеспечения процессов управления потоками природного газа. Особое внимание (стр. 63 – 81) уделено выявлению и анализу аномалий в технологических данных, возникающих при функционировании сложной распределённой инфраструктуры магистрального транспорта газа. Автором предложены методы детекции и анализа аномальных значений, основанные на использовании статистических зависимостей между параметрами технологических объектов и анализе временных рядов. В главе (стр. 81 – 97) также разработаны подходы к обработке и структурированию режимно-технологических данных, включая использование методов кластерного анализа и инструментов машинного обучения для формирования прогнозных моделей расхода топливного газа. Предложенные решения направлены на повышение точности анализа технологических процессов и улучшение качества информационной базы, используемой при моделировании режимов функционирования газотранспортной системы.

В заключительной части главы (стр. 108 – 115) предложен подход к экономической оценке эффективности применения оптимизационных моделей управления потоками природного газа. Автором обоснованы принципы формирования экономического эффекта от использования таких моделей, а также представлены методические положения, позволяющие учитывать влияние оптимизационных решений на эксплуатационные расходы и экономические показатели функционирования газотранспортной системы.

В третьей главе (стр. 117 – 152) рассматриваются вопросы практического применения разработанных в диссертации методов анализа данных и прогнозирования для управления потоками природного газа в газотранспортной системе. Автором представлены алгоритмы оптимизации потоков газа (стр. 117 – 131) и результаты применения предложенных моделей. В главе (стр. 137 – 140) также представлены элементы прототипа системы поддержки принятия решений для управления потоками природного газа, объединяющей разработанные методы анализа данных, прогнозирования и моделирования режимов функционирования газотранспортной системы. Показано, что использование таких инструментов позволяет повысить качество информационно-аналитического обеспечения диспетчерского управления и обеспечить более обоснованное планирование режимов работы газотранспортной инфраструктуры.

В заключительной части главы (стр. 140 – 150) проведена оценка экономических результатов применения предложенных моделей и алгоритмов. Показано, что использование разработанных инструментов анализа и прогнозирования позволяет повысить экономическую эффективность управления газотранспортной системой за счёт повышения достоверности технологических данных, улучшения качества прогнозов расхода топливного газа и формирования более обоснованных управленческих решений при планировании режимов транспортировки природного газа.

В заключении (стр. 153 – 157) изложены основные выводы, которые были сделаны по результатам диссертационного исследования.

4. Значимость для науки полученных автором диссертации результатов

В диссертационном исследовании получены результаты, имеющие научную значимость для развития экономико-математических и статистических методов анализа и управления сложными инфраструктурными системами топливно-энергетического комплекса. В работе предложены новые подходы к статистическому обеспечению моделирования режимов функционирования газотранспортных систем, направленные на повышение

достоверности технологических данных, точности прогнозирования расхода топливного газа и эффективности управления потоками природного газа.

Научная новизна результатов исследования заключается в разработке и обосновании методов выявления и корректировки аномалий в режимно-технологических данных, формировании моделей прогнозирования расхода топливного газа на основе методов машинного обучения, а также в развитии подходов к многокритериальной оптимизации режимов транспортировки природного газа с учётом как технических, так и экономических факторов функционирования газотранспортной системы.

Предложенные в диссертации решения расширяют инструментарий экономико-математического моделирования и статистического анализа в задачах управления газотранспортными системами и могут рассматриваться как вклад в развитие научных основ построения систем поддержки принятия решений в сфере управления инфраструктурными объектами энергетического комплекса.

5. Конкретизация обеспеченного соискателем приращения научных знаний в предметной области, относящейся к разработке и использованию инструментальных методов экономики

В диссертационной работе С.Н. Ланина получены научные результаты, развивающие инструментарий экономико-математического моделирования и статистического анализа применительно к задачам управления газотранспортными системами. Конкретизация приращения научных знаний заключается в следующем:

- разработаны методы управления качеством и достоверностью режимно-технологических данных газотранспортных систем, обеспечивающие выявление и корректировку аномалий в информационных потоках на основе статистических методов анализа и инструментов машинного обучения;

- предложен интегральный показатель статистико-экономического эффекта функционирования модуля детекции аномалий (*Anomaly Impact Value Index – AIVI*), позволяющий оценивать совокупный экономический результат применения интеллектуальных методов корректировки данных в системах управления газотранспортной инфраструктурой;

- разработаны модели прогнозирования расхода топливного газа на основе методов кластерного анализа и нейросетевого моделирования, позволяющие учитывать пространственно-временные особенности функционирования газотранспортной системы и повышать точность прогнозных оценок;

- предложен подход к многокритериальной оптимизации режимов транспортировки природного газа, учитывающий как технологические

параметры функционирования газотранспортной системы, так и экономические показатели эффективности её работы;

- разработан прототип интегрированной системы поддержки принятия решений для диспетчерского управления потоками природного газа, объединяющий методы анализа данных, прогнозирования и оптимизации режимов функционирования газотранспортной системы;

- предложен подход к оценке экономической эффективности внедрения разработанных моделей и алгоритмов на основе анализа затрат и выгод с использованием фактической ставки дисконтирования, отражающей реальные условия функционирования газотранспортной отрасли.

Теоретическая значимость результатов диссертационного исследования заключается в развитии научных основ применения статистических и экономико-математических методов анализа данных, прогнозирования и оптимизации в задачах управления сложными инфраструктурными системами энергетического комплекса. Полученные результаты расширяют возможности использования инструментальных методов экономики при разработке интеллектуальных систем поддержки принятия решений.

Результаты диссертационного исследования соответствуют следующим пунктам паспорта научной специальности **5.2.2 – Математические, статистические и инструментальные методы в экономике:**

п. 3 – «Разработка и развитие математических и эконометрических моделей анализа экономических процессов и их прогнозирования»;

п. 4 – «Разработка и развитие математических и компьютерных моделей и инструментов анализа и оптимизации процессов принятия решений в экономических системах»;

п. 17 – «Развитие и применение инструментария разработки систем поддержки принятия решений в сфере экономической политики и обеспечения национальных интересов».

6. Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведённых в диссертации

Положения и выводы диссертационного исследования могут быть использованы при разработке отраслевых и корпоративных подходов к совершенствованию систем управления газотранспортной инфраструктурой, а также при создании и развитии интеллектуальных систем поддержки принятия решений в сфере транспортировки природного газа.

Разработанные в диссертации методы анализа и обработки режимно-технологических данных, модели прогнозирования расхода топливного газа и алгоритмы многокритериальной оптимизации режимов функционирования газотранспортной системы могут быть применены в деятельности организаций газотранспортной отрасли, в частности в дочерних обществах

ПАО «Газпром», осуществляющих транспортировку природного газа, в НК «Роснефть» и ПАО «НОВАТЭК» при транспортировке нефтяного попутного газа, а также в специализированных научно-исследовательских и проектных организациях топливно-энергетического комплекса.

Результаты диссертационного исследования могут быть использованы при разработке и внедрении информационно-аналитических систем диспетчерского управления, направленных на повышение экономической эффективности функционирования газотранспортных предприятий, снижение расхода топливно-энергетических ресурсов и повышение обоснованности принимаемых управленческих решений.

Отдельные положения и результаты диссертации могут также найти применение в образовательном процессе высших учебных заведений при подготовке бакалавров, магистров и аспирантов по направлениям подготовки, связанным с экономико-математическим моделированием, анализом данных, управлением инфраструктурными системами и цифровой трансформацией предприятий топливно-энергетического комплекса.

7. Недостатки диссертации и дискуссионные положения

Наряду с достоинствами диссертации следует выделить ряд недостатков и дискуссионных аспектов.

1. В названии и формулировках основных научных результатов следовало бы более четко отразить экономические аспекты предлагаемых методов. Также следовало бы во Введении усилить отражение отличительных особенностей полученных результатов. Например, формулировка результата на стр. 7 диссертации в виде «Разработан метод оценки экономической эффективности с использованием *WACC*, позволяющий учитывать фактическую структуру капитала вместо директивной ставки» недостаточно убедительно отражает особенности применения *WACC*, т.к. *WACC* и при традиционных подходах обычно позволяет учесть структуру капитала при определении ставки дисконтирования.

2. В разделе 2.3.4 рассматривается целесообразность использования статистических методов для решения задач, которые, возможно, решались бы и на основе известных (достаточно простых) моделей оценки затрат. Например, использование формулы расчета затрат энергии на сжатие позволило бы объяснить дисперсию данных (рисунок 24) и коэффициент детерминации, равный 0,7237 (статистически значимо, но разброс довольно большой). Возможно, причина в температуре окружающей среды и, соответственно, газа, что непосредственно влияет на величину требуемой мощности, а также в распределении нагрузки между агрегатами, которые могут иметь разную эффективность (в номинальном режиме и в рабочем, с учетом его характеристики).

3. На стр. 92 – 97 при построении моделей прогнозирования расхода топливного газа с учетом затрат используется подход на основе

предварительной кластеризации временных рядов, позволяющий учитывать технико-экономические особенности функционирования отдельных балансовых зон газотранспортной системы. Вместе с тем представляется целесообразным более подробно раскрыть процедуру кластеризации, в частности, уточнить, какие именно объекты рассматриваются в качестве первичных элементов кластеризации и каким образом формируется набор признаков, используемых для группировки временных рядов. Более детальное описание данного этапа позволило бы повысить воспроизводимость предложенного подхода и облегчить его практическое применение при решении аналогичных задач в других транспортных системах.

4. В диссертации в разделе 2.1.2 «Методы обнаружения аномалий на основе графового представления Единой системы газоснабжения» не проанализирована возможность применения графовых нейронных сетей (*Graph Neural Network, GNN*) для решения задачи детекции аномалий в технико-экономических данных, характеризующих газотранспортные потоки, что было бы целесообразно, так как *GNN* предназначены для работы с данными, структурированными в виде графов. Также в подразделе 2.2.1 «Интерполяционные методы восстановления аномальных и пропущенных данных в газотранспортных системах» не рассмотрен вариант использования нейронных сетей с архитектурой автокодировщика (автоэнкодера), которая показала свою эффективность при детекции аномалий и восстановлении пропущенных данных в различных прикладных областях.

5. Судя по описанию выражения (24), переменная n обозначает количество корректно выявленных аномалий. Однако не поясняется, каким образом будет учитываться коллективная аномалия на определенном временном интервале: как одна общая аномалия, или необходимо суммирование всех значений в коллективной аномалии за этот интервал и расчёт стоимостных эффектов.

6. В диссертации предложен интегральный показатель эффекта функционирования модуля детекции аномалий — *Anomaly Impact Value Index (AIVI)*, позволяющий количественно оценивать совокупный результат применения интеллектуальных методов выявления и корректировки ошибок в технологических данных (стр. 85 – 88 диссертации, стр. 12 автореферата). Представляется, что практическая значимость данного показателя могла бы быть дополнительно усилена при более детальном рассмотрении чувствительности его значений к изменению исходных параметров модели, а также при расширении числа сценариев его апробации на различных фрагментах газотранспортной системы. Это позволило бы более полно продемонстрировать возможности предложенного показателя при оценке экономического эффекта внедрения систем анализа данных в инфраструктурных системах энергетического комплекса.

Указанные недостатки не являются принципиальными и существенно не влияют на итоговую положительную оценку ведущей организации представленных материалов диссертации.

8. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении учёных степеней

Автореферат диссертации и научные публикации соискателя в полной мере отражают основные положения и результаты проведённого исследования.

В целом можно заключить, что диссертация Ланина Сергея Николаевича является завершённой научно-квалификационной работой, в которой изложены новые технико-экономические и организационные разработки для управления режимами магистрального транспорта природного газа с использованием предложенных методов экономико-математического моделирования. Учитывая существенный вклад газотранспортных систем в ВВП и обеспечение энергетической безопасности РФ, можно сделать вывод о том, что данные разработки имеют существенное значение для развития страны.

Диссертационная работа обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, имеющие теоретическую и практическую значимость. Предложенные автором методы и модели аргументированы, апробированы и сопоставлены с существующими подходами в области экономико-математического моделирования и анализа данных. Основные результаты исследования нашли отражение в научных публикациях автора, в том числе в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Российской Федерации.

По мнению ведущей организации, диссертация Ланина Сергея Николаевича на тему «Статистическое обеспечение моделирования режимов магистрального транспорта природного газа» соответствует требованиям пунктов 9–11, 13–14 Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в ред. от 16 октября 2024 г. № 1382), а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата экономических наук по специальности 5.2.2 – Математические, статистические и инструментальные методы в экономике.

Проект отзыва подготовлен Булыгиной Ольгой Валентиновной, доцентом кафедры информационных технологий в экономике и управлении филиала ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске, кандидатом экономических наук, доцентом.

Отзыв обсуждён и одобрен на заседании кафедры информационных технологий в экономике и управлении филиала НИУ «МЭИ» в г. Смоленске 16 марта 2026 года, протокол № 3/26.

Присутствовало на заседании 22 человека.

Результаты голосования: «за» – 22 человека, «против» – нет, «воздержались» – нет.

Заведующий кафедрой
информационных технологий в экономике и управлении
филиала НИУ «МЭИ» в г. Смоленске,
доктор технических наук,
профессор



Дли Максим Иосифович

Доцент кафедры информационных
технологий в экономике и управлении
филиала НИУ «МЭИ» в г. Смоленске,
кандидат экономических наук,
доцент



Булыгина Ольга Валентиновна

Контактные данные:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»
111250, Россия, г. Москва, Красноказарменная улица, д. 14
тел.: +7 (495) 362-75-60
сайт: <http://mpei.ru/>
email: universe@mpei.ac.ru

