

### Отзыв

официального оппонента д.т.н., профессора Скороходова Д.А. на диссертацию Першина Никиты Вячеславовича на тему «Автоматизация управления перевозками сжиженного природного газа морским транспортом», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук, по специальности – 2.3.3. «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

На отзыв представлена диссертация, которая изложена на 179 страницах машинописного текста, содержит 40 таблиц и 59 рисунков и состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и двух приложений.

Также представлен автореферат диссертации на 28 листах. В изданиях по списку ВАК опубликовано 7 работ.

#### 1. Актуальность избранной темы

Развитие Северного морского пути как исторически сложившейся национальной единой транспортной коммуникации Российской Федерации в Арктике, а также возрастающая добыча, переработка и транспортировка природного газа в данном регионе нуждается в создании эффективных транспортно - логистических систем по безопасному, бесперебойному и экономически рациональному вывозу углеводородного сырья. При этом стоит отметить, что вопрос реализации новейших технологий производства и транспорта СПГ с учетом особенностей отечественной импортозамещающей техники является одной из первостепенных задач для Российской Федерации. Анализ работ по технологии производства сжиженного природного газа (СПГ), выявил существенные различия в выборе и эксплуатации технологии сжижения между северными и южными заводами по производству СПГ. Климат и место расположения заводов — факторы, которые влияют на будущие арктические проекты СПГ. Вопросам создания логистических

систем перевозки СПГ, техники и технологии его производства, построения инфраструктурных проектов СПГ посвящены работы ряда организаций. Эти работы являются фундаментом для создания автоматизированной системы перевозки СПГ морским транспортом, чему посвящена представленная диссертационная работа. Поэтому поставленная автором цель исследования – «Разработка принципов построения автоматизированной системы управления перевозками СПГ морским транспортом, обеспечивающей безопасную и экономически эффективную доставку природного газа» – является актуальной и совпадает с задачами, поставленными правительством в этом направлении.

**2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации подтверждается:**

- корректностью использования математического аппарата;
- практической обоснованностью принятых допущений;
- сравнением результатов выбора времени движения танкера-газовоза в стесненных водах с экспериментальными данными реальной эксплуатации;
- результатами обсуждения предложенных принципов создания автоматизированной системы управления перевозками СПГ морским транспортом со специалистами в области управления перевозками.

### **3. Новизна полученных результатов**

Новизна диссертации Першина Н.В. состоит в том, что:

- на основании анализа существующих методов планирования и управления перевозками СПГ морским транспортом показана экономическая целесообразность создания автоматизированной системы управления;
- показана и обоснована на базе обработки статистических данных зависимость производительности завода по производству СПГ от метеорологических факторов;



- обоснована необходимость разработки и развития автоматизированных систем управления перевозками СПГ морским транспортом;
- разработана математическая модель, позволяющая анализировать временные потери при взаимодействии заводов-изготовителей и погрузочных операций танкеров-газовозов;
- определены вероятности нахождения танкеров-газовозов у завода по производству СПГ в условиях возможности их полной загрузки и отсутствия временных потерь, необходимые для анализа динамики функционирования системы управления перевозками СПГ морским транспортом, позволяющие вырабатывать соответствующие управления в автоматизированной системе;
- поставлена и решена оптимизационная задача выбора времени подхода танкера-газовоза на вход в стесненные воды, обеспечивающего минимизацию экономических затрат;
- разработаны и обоснованы принципы построения автоматизированной системы управления перевозками СПГ морским транспортом, включающие алгоритмы планирования и способы реализации выполнения графика движения танкеров-газовозов для вывоза СПГ в режиме реального времени.

**4. Практическая значимость полученных автором результатов состоит во внедрении результатов диссертации:**

1. В производственную деятельность ПАО «Газпром» в рамках реализации СПГ-проектов компаниями Группы Газпром в части создания требований к системе автоматизированного управления перевозками сжиженного природного газа морским транспортом и ее структуры;

2. В учебный процесс кафедры Разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет»;

3. В учебный процесс кафедры Оборудования нефтегазопереработки ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина»;

4. В учебный процесс кафедры Морских информационных систем ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет».

**5. К научным результатам работы следует отнести:**

1. Обоснование влияния метеорологического фактора на производительность завода по производству СПГ для построения системы управления перевозками СПГ морским транспортом. Для подтверждения указанного утверждения автор определил корреляционные связи между производительностью СПГ - завода и среднемесячной температурой наружного воздуха. Анализ был произведён за различные промежутки времени (месяц, год). При этом автор показал, что выбор промежутков на временной оси зависит от времени года. Определив коэффициенты корреляции между месячным объемом производства СПГ и среднемесячной температурой наружного воздуха в течение одного года за рассматриваемые 8 лет, позволили автору сделать вывод о зависимости производительности СПГ-завода от температуры наружного воздуха, что, в свою очередь, предъявляет требования к числу и способу подачи танкеров-газовозов на выбранный СПГ-завод и разработке эффективных алгоритмов функционирования автоматизированной системы управления перевозками.

2. Разработку математической модели «Танкер-газовоз – Завод по производству СПГ», позволяющей определить вероятность наличия (отсутствия) танкера-газовоза у завода по производству СПГ и наличия (отсутствия) необходимого количества СПГ в резервуарах данного завода. Модель описывается уравнением Колмогорова и позволяет определить финальные вероятности различных состояний системы, определяющих эффективность ее функционирования. Автор сделал правильное допущение о простейшем потоке на содержательном уровне, так как при постоянном



числе танкеров - газозовов интервал времени между их подходами к СПГ - заводу является случайной величиной, характеристика которой может быть принята не зависящей от времени. Вероятность появления одновременно двух танкеров - газозовов у СПГ - завода является величиной более высокого порядка малости по сравнению с появлением одного танкера-газовоза.

3. Обоснование факторов, влияющих на оценку вероятности наличия (отсутствия) СПГ у завода по его производству и наличия (отсутствия) необходимого количества СПГ в резервуарах данного завода. Анализ неравномерности количества потребляемой энергии с учетом различных свойств перевозимого СПГ позволил автору сформулировать требования к производительности СПГ-терминалов, избыточности объемов хранения СПГ, производительности заводов по производству СПГ, грузоместимости имеющегося и планируемого к постройке флота танкеров-газовозов для бесперебойной работы всей транспортно-логистической системы.

4. Решение задачи оптимизации времени подхода танкера-газовоза в стесненные воды по критерию минимума экономических потерь. Приведенный автором анализ позволяет предъявить требования по планированию оборачиваемости танкеров-газовозов для вывоза СПГ с СПГ-завода и разработать алгоритмы функционирования автоматизированной системы управления перевозками, направленными на повышение экономического эффекта, основанного на снижении простоя танкеров-газовозов и испаряемости СПГ из резервуаров. Автор правильно сформулировал критерий оптимизации, при котором «суммарные вероятностные убытки» будут минимальны. В результате разработана методика определения времени подхода танкера-газовоза на вход в стесненные воды, доставляющая минимум убытков от простоя танкера-газовоза и испарения СПГ из СПГ-резервуаров для различных времен года.

5. Разработку алгоритма, позволяющего реализовывать фактический график движения танкеров-газовозов для вывоза СПГ в режиме реального времени за счет поступления необходимой информации от объектов

производства. Разработанный алгоритм позволяет реализовывать фактический график движения танкеров-газовозов для вывоза СПГ в режиме реального времени за счет поступления необходимой информации от объектов производства СПГ. С учетом вносимых корректировок ответственный работник логистической службы может управлять автоматизированной системой управления морскими перевозками СПГ путем снижения экономических издержек от простоя танкера-газовоза и испарения сырья из СПГ-резервуаров.

6. Разработку принципов построения, структуры и алгоритмов функционирования автоматизированной системе управления перевозками СПГ морским транспортом, позволяющей снизить потери от испарения СПГ и простоя танкера-газовоза при функционировании транспортно-логистической системы.

#### 6. Недостатки диссертации

При рассмотрении результатов работы в качестве недостатков следует отметить следующие:

1. Л.14. на рис.1.1.1 и 1..4 отсутствуют единицы измерения по оси ординат.

2. Л.15. Приведённая цифра 30,5 м<sup>3</sup>, вероятно, является опiskой для величины экспорта СПГ.

3. Разделы 1.1.1 и 1.1.2 можно было без ущерба для диссертации сократить и превратить во введение раздела 1.1.3, что значительно сократило бы объём диссертации.

4. Рис.1.1.3.2 – 1.1.3.6; 1.1.3.8 – 1.1.3.19; 1.2.21; 1.2.2.2 И 1.2.2.4 являются лишними для диссертации и носят только познавательный характер.

5. Рис.2.2.3. Непонятно, почему автор такие страны как Чехия, Австрия, Словакия, Венгрия, Сербия, Швейцария, Македония, Белоруссия, отнёс к странам, имеющим СПГ – терминалы, в то время как они не имеют выхода к морю?



6. На л.л. 114, 116, 117 и 144 приводятся автором тривиальные утверждения, касающиеся особенностей судов-газовозов.

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 2.3.3. «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

В целом диссертация написана грамотным техническим языком, является завершённой работой с правильным построением разделов и последовательным решением поставленной задачи. Диссертация оформлена в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.11-2011 «СИБД. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации.

По материалам диссертации можно заключить, что автор является хорошо подготовленным специалистом и научным сотрудником.

## **7. Публикации**

Основные материалы работы опубликованы в изданиях, включающих 6 статей в журналах, входящих в перечень ВАК РФ. Все публикации полностью соответствуют тематике работы.

## **8. Заключение**

Диссертация Першина Никиты Вячеславовича на тему «Автоматизация управления перевозками сжиженного природного газа морским транспортом» является законченной научно - квалификационной работой, самостоятельно выполненной на высоком научном уровне и обладающей внутренним единством. Актуальность диссертационной работы имеет существенное значение для транспортировки СПГ по Северному морскому пути. Сделанные замечания по материалам диссертации и автореферата не меняют её положительной оценки.

Диссертационная работа полностью соответствует специальности 2.3.3. «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» и отвечает требованиям п.9 «Положения о присуждении учёных степеней», а её автор Першин Никита Вячеславович заслуживает

присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

Главный научный сотрудник лаборатории проблем безопасности транспортных систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук (ИПТ РАН),  
доктор технических наук, профессор



Дмитрий Алексеевич Скороходов

18 апреля 2022 г.

Подпись руки д.т.н., профессора Скороходова Д.А. заверяю,  
помощник директора по кадрам и общим вопросам ИПТ РАН



Марина Владимировна Грибанова

18 апреля 2022 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук  
199178, Россия, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 12-я линия, д. 13,  
тел.: +7 (812) 323-2954, e-mail: [info@iptran.ru](mailto:info@iptran.ru).



## **ОТЗЫВ**

### **официального оппонента на диссертацию**

**Першина Никиты Вячеславовича**

**на тему «Автоматизация управления перевозками сжиженного**

**природного газа морским транспортом»**

**по специальности 2.3.3 Автоматизация и управление**

**технологическими процессами и производствами**

**на соискание ученой степени кандидата технических наук**

### **1. Актуальность избранной темы**

Диссертационная работа посвящена вопросам автоматизации управления перевозками сжиженного природного газа морским транспортом. Выбранная соискателем тема не вызывает сомнений в актуальности. Современные тенденции развития науки и техники, формирование новых стратегий, обусловленных в том числе цифровизацией производств формирует устойчивую тенденцию увеличения энергопотребления, а значит повышает темпы роста спроса на газ многократно. 16 марта 2021 года правительством РФ утверждена долгосрочная программа развития производства сжиженного природного газа (СПГ), направленная на увеличение объемов производства СПГ до 140 млн т. Нарастание объемов добычи, переработки и транспортировки природного газа не может происходить в ущерб безопасности. Поэтому создание автоматизированной системы управления перевозками СПГ морским транспортом, обеспечивающей безопасную и экономически эффективную доставку природного газа безусловно является актуальной задачей.

### **2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Защищаемые Першиным Н.В. научные положения являются логическим обобщением данных, приведенных во всех разделах диссертации. Полученные в работе выводы подтверждены практическим применением их результатов путем

их апробации на реальных объектах, а также результатами обсуждения полученных результатов со специалистами в области управления перевозками и построения автоматизированных систем управления. Результаты работы докладывались и обсуждались на четырех научных конференциях.

Вынесенные на защиту основные положения и основные выводы логически связаны с целью и идеей диссертации, состоящей в разработке принципов построения автоматизированной системы управления перевозками СПГ морским транспортом, обеспечивающей безопасную и экономически эффективную доставку природного газа. Выводы, сделанные автором, имеют ценность для науки и производства.

### **3. Достоверность и новизна полученных результатов**

Новизна полученных результатов диссертации Першина Н.В. состоит в том, что:

- показана экономическая целесообразность создания автоматизированной системы управления на основании анализа существующих методов планирования и управления перевозками СПГ морским транспортом;
- показана и обоснована зависимость производительности завода по производству СПГ от метеорологических факторов на основе статистической обработки реальных данных промышленной эксплуатации объекта;
- приведено обоснование необходимости разработки и развития автоматизированных систем управления перевозками СПГ морским транспортом;
- разработана математическая модель, позволяющая анализировать временные потери при взаимодействии заводов-изготовителей и погрузочных операций танкеров-газовозов;
- определены вероятности нахождения танкеров-газовозов у завода по производству СПГ в условиях возможности их полной загрузки и отсутствия временных потерь, необходимые для анализа динамики функционирования системы управления перевозками СПГ морским транспортом, позволяющие



вырабатывать соответствующие управляющие воздействия в автоматизированной системе;

- поставлена и решена задача оптимизации выбора времени подхода танкера-газовоза на вход в стесненные воды, обеспечивающего минимизацию экономических затрат;

- разработаны и обоснованы принципы построения автоматизированной системы управления перевозками СПГ морским транспортом.

#### **4. Теоретическая ценность и практическая значимость полученных автором результатов**

Практическая значимость полученных результатов обусловлена внедрением в производственную деятельность ПАО «Газпром» в рамках реализации СПГ-проектов компаниями Группы Газпром в части создания требований к системе автоматизированного управления перевозками сжиженного природного газа морским транспортом и ее структуры, а также в учебный процесс кафедры Разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет»; в учебный процесс кафедры Оборудования нефтегазопереработки ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина»; в учебный процесс кафедры Морских информационных систем ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет».

#### **5. Оценка содержания диссертации, ее завершенность**

Работа изложена на 179 страницах. Текст диссертации содержит 58 рисунков. 42 страницы и приложения на 9 страницах. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 139 источников и двух приложений. В тексте диссертации отсутствует аннотация.

Во введении обоснована актуальность работы, дан анализ разработанности темы исследования, определены цель и задачи, сформулирована научная новизна работы, её теоретическая и практическая значимость, определены методы

исследования. Во введении изложены положения, выносимые на защиту, приведены сведения об апробации результатов исследования и краткое содержание диссертации.

В первой главе диссертации проведен анализ современного состояния управления перевозками СПГ в мире, и в Российской Федерации. Проанализированы научные работы, посвященные вопросам техники и технологии производства СПГ, стоимости транспортировки СПГ различными видами транспорта, использования отечественной импортозамещающей техники для отрасли СПГ, выбора технологии сжижения природного газа в зависимости от климатического пояса, конструкции танкеров-газовозов, разработки морских логистических транспортных систем для перевозки СПГ в суровых климатических условиях, построения инфраструктуры СПГ с учетом внешних факторов.

Во второй главе проведена оценка влияния метеорологического фактора на производительность завода по производству СПГ. Рассмотрены имеющиеся и вводимые мощности заводов по производству и регазификации СПГ в мире и в Российской Федерации. Проведен анализ потребления энергии от СПГ в Европе.

В третьей главе диссертации разработана модель «Танкер-газовоз - Завод по производству СПГ», позволяющая рассмотреть влияние гидрометеорологического фактора на загрузку и вывоз СПГ с заводов по производству СПГ с помощью танкеров-газовозов. Представлена методика транспортировки СПГ с завода по производству СПГ с помощью танкеров-газовозов, учитывающая комплекс основных действующих факторов. Расчет изменения запаса СПГ в резервуарах хранения позволяет фиксировать минимальные затраты на транспортирование и сохранность СПГ с учетом сезонности спроса, характеристик танкеров-газовозов, задержек и частоты отгрузки.

В четвертой главе на основе проведенных исследований разработаны принципы построения автоматизированной системы управления перевозками СПГ морским транспортом (АСУ ПСПГМТ).



В заключении обобщаются результаты и выводы, полученные в ходе диссертационной работы.

**6. Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации, влияние отмеченных недостатков на качество исследования.**

Давая положительную оценку работе в целом, можно отметить следующие недостатки:

1. Первая глава диссертации содержит 15 выводов, отражающих настоящие и прогнозируемые данные об основных странах экспортёров СПГ, об уровне спроса на СПГ в мире, о ценообразовании на экспорт и импорт СПГ, об особенностях транспортной системы и инфраструктуре транспорта СПГ в России, о нормативно-правовой базе, обеспечивающей безопасность мореплавания. Все сделанные выводы косвенно безусловно связаны с вопросами автоматизации процессов управления перевозками СПГ, однако наличие прямых выводов и указание связи данных фактов с автоматизацией существенно бы усилило первую часть диссертации.

2. На странице 101 диссертации представлен рисунок 2.2.4, отражающий зависимость производительности СПГ-терминалов по годам (с 2012 по 2019 года) после чего отмечается, что характер изменений производительности СПГ-терминала соответствует состоянию мировой экономики. При этом характер изменения состояния мировой экономики недостаточно обоснован.

3. На рисунке 2.2.4. отсутствует коэффициент достоверности аппроксимации  $R^2$

4. Стр. 127 вывод 2 указывает, что вероятность для случая 1 (P1) для летнего периода на 20% выше, чем вероятность для зимнего. При этом в табл. 3.2.4. указаны данные, на основании которых данная вероятность имеет другие численные значения.

5. Расчет вероятностной модели для всех погодных условиях показал результат события, когда отсутствует танкер-газовоз и СПГ находится на заводе (P3) как наиболее вероятное (для 2 и 3 технологических линий). При этом

наиболее эффективное состояние для описываемого процесса является состояние P1. Полученные результаты показывают простой танкеров как маловероятные события. Однако автором данный факт никак не освещается при анализе на стр. 126-127.

6. На рисунке 3.2.1 отсутствуют переходы из состояния S2 в S4 и из S3 в S4. В тексте диссертации не приведены причины их отсутствия.

7. Стр. 128 задает количество танкеров-газовозов  $n$  с нумерацией от 0 до  $n-1$ . Дальнейший текст диссертации показывает, что введенная автором нумерация ошибочная (далее по тексту используется нумерация от 1 до  $n$ ).

8. Рисунок 3.3.1 показывает формулу, частью которой является множитель  $ПТ_3$  не имеющий расшифровку в тексте.

Следует отметить, что указанные замечания не снижают научную ценность и значимость результатов диссертации.

#### **7. Соответствие автореферата основному содержанию диссертации**

Основные положения рассматриваемой диссертационной работы в полной мере отражены в автореферате соискателя, что свидетельствует о соответствии автореферата основному содержанию диссертации.

#### **8. Соответствие диссертации и автореферата требованиям ГОСТ Р**

##### **7.0.11-2011**

Диссертационная работа Н.В. Першина соответствует паспорту научной специальности 2.3.3 Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами

Структура диссертации и ее оформление, а также структура автореферата и его оформление соответствует ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».



**9. Заключение о соответствии диссертации критериям,  
установленным «Положением о присуждении ученых степеней» по пунктам  
10, 11 и 14**

По п.10: Диссертационная работа подготовлена в форме рукописи, написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством и содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, что свидетельствует о личном вкладе автора диссертационного исследования в науку. В диссертации приводятся сведения о практическом использовании полученных научных результатов.

По п.11: основные научные результаты диссертации в достаточной мере отражены в 10 научных публикациях, в том числе 5 из них являются публикациями в рецензируемых научных изданиях.

По п.14: в диссертации имеются ссылки на заимствованные материалы. В списке литературы приведены основные работы по теме диссертации, в том числе, опубликованные автором.

Это позволяет считать, что диссертация Першина Н.В. «Автоматизация управления перевозками сжиженного природного газа морским транспортом» соответствует требованиям, установленным в пунктах 10-14 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям.

**10. Заключение по диссертации**

Диссертация Першина Никиты Вячеславовича на соискание ученой степени кандидата технических наук является законченной научно-квалификационной работой. Задачи, поставленные в диссертации решены в полном объеме, защищаемые положения сформулированы четко и однозначно, а все материалы, предоставленные в работе подтверждены экспериментальными исследованиями. Диссертант показал владение современными методами исследования. Диссертация отвечает требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г., а ее автор Першин Никита Вячеславович заслуживает присуждения ученой

степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

**Официальный оппонент**

Котелева Наталья Ивановна, гражданка РФ, кандидат технических наук (05.13.06. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами), доцент кафедры «Автоматизации технологических процессов и производств» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», 199106, г. Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия, д. 2, тел.:+7-952-377-18-01, koteleva\_ni@pers.spmi.ru

«05» мая 2022



Н.И. Котелева



Подпись: Н.И. Котелева  
Заведующий отделом  
делопроизводства Е.Р. Яновицкая  
" 05 МАЯ 2022 г.