

*На правах рукописи*



**БАТТАЛОВ АНДРЕЙ ФАИМОВИЧ**

**ОРГАНИЗАЦИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ  
ПОДСИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

2.5.22. Управление качеством продукции.  
Стандартизация. Организация производства

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

**Казань – 2024**

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Научный руководитель: доктор технических наук,  
доктор экономических наук, профессор  
**Шинкевич Алексей Иванович**

Официальные оппоненты: **Ахметова Ирина Гареевна**  
доктор технических наук, доцент, федеральное  
государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования «Казанский  
государственный энергетический университет»,  
заведующий кафедрой экономики и организации  
производства;

**Мошев Евгений Рудольфович**  
доктор технических наук, доцент, федеральное  
государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования «Пермский  
национальный исследовательский политехнический  
университет», заведующий кафедрой оборудования и  
автоматизации химических производств.

Ведущая организация: федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Российский государственный университет нефти и  
газа (национальный исследовательский университет)  
имени И. М. Губкина», г. Москва.

Защита состоится 20 декабря 2024 года в 16.00 на заседании  
диссертационного совета 24.2.312.08, созданного на базе ФГБОУ ВО «Казанский  
национальный исследовательский технологический университет» (420015, г.  
Казань, ул. К. Маркса, д. 68, зал заседаний Ученого совета, А – 330).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Казанский  
национальный исследовательский технологический университет» и на сайте  
<https://www.kstu.ru/servlet/contentblob?id=522455>

Автореферат диссертации разослан «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета 24.2.312.08,  
доктор экономических наук, доцент



Кудрявцева  
Светлана  
Сергеевна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Промышленные организации в настоящее время вновь столкнулись с проблемой повышения энергоэффективности производства, учитывая снижение конкурентоспособности продукции в условиях нестабильных пропорций энергозатрат в себестоимости производства, обусловленных ростом цен на бензин и дизельное топливо, что требует от них новых моделей организации транспортной подсистемы и ее функционирования в составе производственной структуры. Учитывая важность проблематики, данную сферу регулирует актуальный ГОСТ Р ИСО 50001-2023 «Система энергетического менеджмента», кроме того на федеральном уровне реализуется ряд программ поддержки такой модернизации организации производства в виде стимулирования поддержки соответствующей производственной инфраструктуры.

Одним из способов совершенствования организации обслуживающих подсистем предприятий является использование природного газа в качестве альтернативы электроэнергетических источников. Этот процесс является одной из актуальнейших задач для исследования в условиях внедрения технологий ресурсосбережения, повышения ресурсоэффективности процессов производства и распределения энергоресурсов, повышения производительности рабочих мест и машиностроительное оборудования, перехода к замкнутым производственным системам. Важный резерв энергоэффективности также обусловлен наличием сезонности в эффективности использования газомоторного оборудования.

В пользу такого способа увеличения эффективности производства является обоснованная учеными выгода с технической (повышение ресурса оборудования), экологической и экономической точек зрения от использования природного газа в качестве моторного топлива наряду, например, с альтернативой собственных генерирующих мощностей.

Однако, с научной точки зрения, перевод обслуживающих подсистем на газомоторное топливо требует решения ряда проблем: актуальным становится вопрос совершенствования организационной структуры, обслуживающей новые форматы организации производства; методов учета отпускаемого газа; выбора целевых объектов повышения энергоэффективности. В этой связи изучение вопросов метрологического обеспечения процессов распределения компримированного природного газа на узлах учета видится как крайне важная задача для дальнейшего совершенствования процессов ресурсосбережения и развития организации обслуживающих производств промышленных предприятий. Кроме того, как показывает практика, ни одна программа господдержки не реализована до конца, причина также коренится на наш взгляд из-за слабой проработки алгоритмов развития поддерживающей инфраструктуры газопотребления в составе промышленных предприятий, включая новые подразделения, их оформление в структуре производства, что также обуславливает актуальность разработки, учитывая огромные перспективы в том числе использования газомоторных

двигателей, а не адаптации существующих энергоустановок на жидко моторном топливе.

### **Степень разработанности темы исследования.**

Зарубежными и российскими учеными уделяется большое внимание вопросам ресурсосбережения в отраслях промышленности. Особое значение придается использованию компримированного природного газа для обеспечения обслуживающих подсистем промышленного комплекса, что ставит во главу угла вопрос достижения единых подходов, стандартов и методик измерения его расходования транспортной подсистемой промышленных предприятий, что связано с исследованием вопросов метрологического обеспечения и в том числе регулирования качества поставляемых ресурсов в формате организационно-технических решений.

Вопросы технической, энергетической и экологической эффективности производственных подсистем, в том числе за счет использования компримированного природного газа в качестве моторного топлива, рассмотрены в трудах Ахметовой И.Г., Истомина В.А., Квон В.Г., Кудрявцевой С.С., Лебедева А.Т., Луценко А.А., Лукьяненко В.И., Малышевой Т.В., Марьина Н.А., Мартыненко Г.Н., Павлюка Р.В., Хакимуллина Ю.Н. и др.

Концептуальные основы метрологического обеспечения процессов распределения компримированного природного газа на узлах учета широко освещается в работах Белова Д.Б., Белоновского П.В., Брюханова О.Н., Влацкой И.В., Гнедовой Л.А., Гриценко К.А., Захарина А.В., Золоторевского С.А., Игнатьева А.А., Лапушкина Н.А., Перетрахиной В.Б., Плужникова А.И., Сопина В.Ф., Соловьева С.И., Федотова И.В. и др.

Лучшие практики организации ресурсосберегающего производства и метрологического обеспечения процессов распределения природного газа на узлах учета представлены в исследованиях Воронова А.А., Гудакова Н.И., Жидяевского Д.Н., Здобникова И.А., Мартыненко Г.Н., Мошева Е.Р., Рогачёвой С.А., Семейченкова Д.С., Тухватуллина Ф.Г., Фаррахова М.И., Шинкевича А.И. и др.

Однако, организация обслуживающих подсистем в составе промышленного производства в указанном формате сдерживается рядом недостаточно исследованных моментов и отсутствием организационно-технических решений, которые бы позволили в полной мере заинтересовать производства.

Помимо организации бизнес-процессов по переводу обслуживающих подсистем предприятий, включая машиностроительные, многие вопросы, касаются совершенствования процессов метрологического обеспечения учета расхода газа, продолжают оставаться дискуссионными, не систематизированными как научно-практическое знание, что позволило сформулировать цель и задачи исследования.

**Цель диссертационного исследования** – разработка организационно-технических решений по совершенствованию системы энергетического менеджмента промышленного предприятия, включая создание новой инфраструктуры на предприятии.

Для достижения поставленной цели исследования в диссертации обозначены четыре ключевые задачи:

- 1) разработать организационно-техническую и математическую модель повышения ресурсоэффективности производства на основе перевода производственного автопарка на газомоторное топливо;
- 2) предложить инструментарий управления качеством потребления энергоресурсов транспортной подсистемой производства, включая инструменты компенсации сезонных изменений в составе исходных энергоресурсов;
- 3) разработать новый способ поверки системы коммерческого учета газа газозаправочной колонки автомобильной газонаполнительной компрессорной станции;
- 4) провести апробацию предложенных научно-технических решений по организации и технической реализации нового обслуживающего производства в структуре традиционного энергетического комплекса предприятия.

**Объектом диссертационного исследования** выступает обслуживающая основное производство энергетическая подсистема промышленного предприятия.

**Предметом исследования** являются организация перевода энергетической подсистемы промышленного предприятия на энергосберегающую модель деятельности.

**Соответствие содержания диссертации избранной специальности.** Область диссертационного исследования соответствует научной специальности 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства в пунктах: 16. Моделирование и оптимизация организационных структур и производственных процессов, вспомогательных и обслуживающих производств. Экспертные системы в организации производственных процессов; 2. Научно-практические основы технического регулирования, стандартизации, типизации, каталогизации, метрологического обеспечения, управления качеством и подтверждения соответствия; 9. Разработка и совершенствование научных инструментов оценки, мониторинга и прогнозирования качества продукции и процессов.

**Научная новизна** заключается в формировании модели и новых организационно-технических решений по организации ресурсосберегающей обслуживающей подсистемы на промышленном предприятии.

1. Предложена ресурсосберегающая модель организации обслуживающих подсистем промышленного предприятия (транспортно-технологической и энергетической), и математическая модель оптимизации энергопотребления, отличающаяся ориентиром на обеспечение устойчивого развития производства в сравнении с используемыми энергомоделями; процессным подходом к учету энергоресурсов, содержащая комплекс научно-технических решений по созданию газозаправочной инфраструктуры, стандартизации процессов ее функционирования, что позволяет повысить энергоэффективность функционирования промышленного предприятия в целом.

2. Разработаны организационно-технические решения по управлению качеством поступающего в энергосистему предприятия газомоторного топлива, прогнозированию потребности в энергетических ресурсах с учетом сезонности их качества.

3. Предложен новый более точный подход к метрологическому обеспечению газозаправочной инфраструктуры обслуживающей подсистемы предприятия, основанный на использовании эталонных элементов при учете расхода топлива.

#### **Методология и методы исследования.**

В основе проведенного исследования – теоретические положения в области теории устойчивого развития, организации производства, всеобщего управления качеством, энергоменеджмента и метрологического обеспечения контроля количества и качества производственных ресурсов, представленные в концептуальных и прикладных исследованиях отечественных авторов.

Для обоснования выдвинутых в диссертации положений применялись такие общенаучные методы исследования как системный подход, анализ и синтез, индукция и дедукция, аналогия; статистические методы, а также методы построения детерминированных и стохастических математических моделей производственных процессов.

Информационную базу исследования составили статистические данные, работы теоретического и эмпирического характера, включающие монографии, научные статьи, диссертации отечественных и зарубежных исследователей по актуализируемой проблематике; нормативные и законодательные акты профильных министерств и ведомств, национальные стандарты в области энергосбережения (ГОСТ ИСО 90001-2015, ГОСТ 30167–2014, ГОСТ Р ИСО 50001-2023, ГОСТ Р 54531–2011, ГОСТ Р 57433–2017, ГОСТ Р 70089-2022 и др.), отчетность ПАО «Газпром» и его структурных подразделений, занятых обеспечением газомоторным топливом промышленных производств; отчетность производственных предприятий, потребляющих газомоторное топливо, сведения, содержащиеся в стратегиях и программах развития природного газа в качестве моторного топлива и источника энергообеспечения производства в целом, аналитические отчеты о деятельности предприятий группы ПАО «Газпром» и ООО «Газпром газомоторное топливо».

**Теоретическая значимость работы** заключается в развитии подходов к моделированию обслуживающих производственных процессов и их организации, повышению их ресурсоэффективности, обеспечению сквозных процессов управления качеством энергопотребления, включая перевод промышленных систем на альтернативные виды топлив, по сравнению с распространенной в настоящее время практикой энергопотребления промышленных предприятий. Обозначенные разработки могут быть использованы на действующих объектах газозаправочной инфраструктуры промышленных предприятий.

В работе также доказаны положения, подтверждающие необходимость использования современных методов поверки средств измерений в рамках обеспечения эффективной работы обслуживающих производств.

**Практическая значимость исследования.** Реализация поставленной в диссертации цели привела к формированию комплекса научно-технических и организационно-управленческих результатов, имеющих значение для повышения конкурентоспособности производимой промышленной продукции в целом за счет снижения ее энергоемкости, обеспечения устойчивости развития, процессного подхода к учету потребления ресурсов в результате перевода автотранспорта обслуживающих подсистем предприятия на газомоторное топливо.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Ресурсосберегающая модель организации обслуживающих подсистем промышленного предприятия
2. Комплекс технических решений по управлению качеством потребления газомоторного топлива.
3. Организационно-технические решения по созданию инфраструктуры газомоторного топлива и его метрологическому обеспечению на промышленном предприятии.

**Степень достоверности результатов исследования.** Достоверность полученных результатов обеспечивается применением методов математического моделирования и анализа, адекватных предмету и задачам настоящего исследования, использованием при получении результатов данных из работ зарубежных и отечественных специалистов по исследуемой области науки. Оценка достоверности результатов исследования выявила: существующие способы и методы поверок средств измерения расхода газа ГЗК АГНКС базируются на более точных массовых методах поверки; проведено сравнение авторских, данных с существующими методами поверки, применяемыми в России и за рубежом; использованы современные методики сбора и обработки большого массива технологической и экономической информации о деятельности предприятий и организаций, осуществляющих коммерческий отпуск газа через сеть АГНКС.

**Апробация результатов.**

Научная апробация результатов диссертационного исследования осуществлялась в виде выступлений на международных и всероссийских конференциях: на заседании круглого стола «Развитие рынка газомоторного топлива в Республике Татарстан» в рамках Татарстанского международного форума по энергетике и энергоресурсоэффективности – 2024 (Казань, 2024), «Тенденции развития логистики и управления цепями поставок» (Казань, 2023); «Актуальные тренды цифровой трансформации промышленных предприятий» (Казань, 2023); «Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли» (Альметьевск, 2020) и др.

Практическая апробация осуществлялась в деятельности ООО «Газпром газомоторное топливо», ООО «Газпром трансгаз Казань» и других дочерних обществах ПАО «Газпром» при осуществлении перевода транспортных служб промышленных предприятий на альтернативный вид топлива в рамках, реализуемых ООО «Газпром газомоторное топливо» маркетинговых программ, в научно-

исследовательской деятельности ФГБОУ ВО «КНИТУ», что подтверждено справками о внедрении результатов диссертации.

**Публикации.** По теме исследования опубликовано 15 научных работ общим объемом 19,54 п.л. (в т.ч. лично автора – 5,2 п.л.), из них 4 статьи в журналах из перечня рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ – «Известия Самарского научного центра РАН», «Компетентность», «Омский научный вестник», 2 статьи в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в международных базах данных, монография.

Результаты диссертационного исследования апробированы, получены 3 патента, в том числе Патент №215776, зарегистрированный в Государственном реестре полезных моделей РФ от 26.12.2022, на полезную модель Передвижного газового заправщика.

**Структура и объем работы.** Диссертационное исследование состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы, содержит 63 рисунка и 19 таблиц. Список литературы состоит из 134 источника. Общий объем диссертационной работы – 179 страниц, основной текст работы – 163 страницы.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность выбранного направления исследования; определены его цели и задачи; показана научная новизна и практическая значимость полученных результатов; изложены основные результаты теоретических исследований.

**В первой главе «Исследование практики организации транспортных подсистем промышленных предприятий в рамках системы менеджмента качества»** представлено исследование современного уровня организации и развития моделей обеспечивающих подсистем промышленного предприятия в системе менеджмента качества, проведен анализ влияния энергетических затрат на себестоимость продукции промышленных предприятий, показаны требования к системе энергетического менеджмента организаций (СЭнМ) в контексте перехода промышленного транспорта на газомоторное топливо.

В современных условиях управление качеством в контексте ресурсоэффективности регулируется рядом ГОСТов (ГОСТ 30167–2014, ГОСТ Р ИСО 50001–2023, ГОСТ Р 54531–2011, ГОСТ Р 57433–2017, ГОСТ Р 70089–2022 и др.), проанализированных в параграфе 1.1. Особый упор в силу объекта исследования был сделан на ГОСТ Р ИСО 50001. Кроме того, обобщены подходы исследователей управления качеством обслуживающих подсистем промышленных предприятий, включая вопросы устойчивого развития и процессного управления (концепция углеродной нейтральности, процессный и системный подходы к управлению качеством, постоянное улучшение СМК и др.). В результате сделан ряд выводов о необходимости особого подхода к организации ресурсосберегающих производств, обозначенных ниже.

Неизменной является модель управления результативностью производства в контексте подходов менеджмента качества на основе процессного подхода, однако она требует конкретизации и учета требований устойчивого развития. В контексте организации транспортной подсистемы устойчивое развитие заключается в снижении расхода более ресурсоемких теплоэнергоресурсов и сокращении «транспортного следа» за счет перехода на газомоторное топливо. Сама модель основана на применении цикла PDCA, а цикл Деминга в работе конкретизирован для отмеченных выше требований устойчивого развития.

В параграфе 1.2 исследованы проблемы организации энергоэффективной транспортной подсистемы предприятия – показано ее место в обеспечении конкурентоспособности. Целесообразно рассматривать направления развития организации транспортного процесса в контексте цен на применяемый энергоноситель. Решением данной проблемы может стать внедрение газомоторного топлива в процессы транспортного обеспечения производственного процесса.

В параграфе 1.3 исследованы модели организации и управления обслуживающими подсистемами предприятия в контексте стандартов энергоресурсосбережения. Проведено обобщение приемов использования модели аутсорсинга для решения ряда отмеченных проблем и показано его обеспечение с позиции менеджмента качества, в том числе качества аутсорсинга. Транспортный процесс включает множество взаимосвязанных процессов, положенных в основу предложенных в дальнейшем моделей, от их эффективности зависит конечный уровень качества транспортного обслуживания для потребителей. И именно управление интегрированным транспортным процессом становится ключевой задачей СМК. Помимо формирования единого технологического процесса важно определять и управлять факторами повышения эффективности взаимодействия между его участниками, при этом в рамках использования инструментов оценки эффективности взаимодействия ключевым фактором выступает затратный компонент.

В современных условиях ведущим требованием к качеству, наряду с другими, становится уровень по его обеспечению. Применительно к ресурсосбережению – важной подсистемой предприятия становится энергетическая подсистема, входящая как контур в ряд других подсистем, включая транспортную, исследование которой также актуализировалось в последнее время с учетом роста энергозатрат по промышленности в целом. В работах такая подсистема рассматривается через канву транспортной поддержки производства и требует своего совершенствования.

Таким образом на основе обобщения принципов управления качеством фокус в исследовании сделан на обеспечение снижения себестоимости вспомогательных процессов.

**Во второй главе «Концепция организации энергосберегающей модели транспортной подсистемы промышленного предприятия»** представлена концепция организации энергосберегающей модели транспортной подсистемы промышленного предприятия. На рисунке 1 дана концептуальная схема организации

промышленного производства, отражающая основные процессы и факторы обеспечения энергоресурсоэффективности.

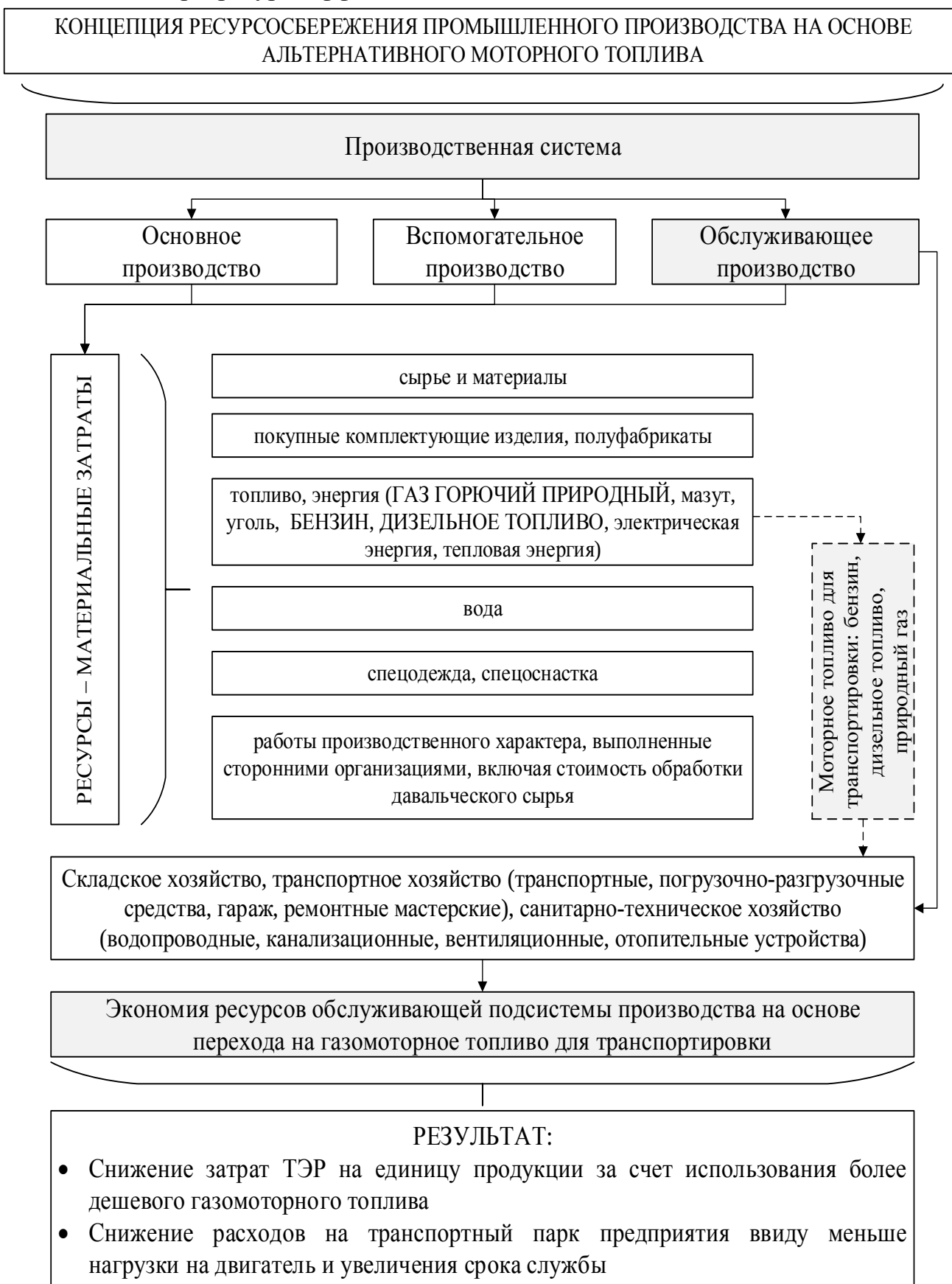


Рисунок 1 – Модель повышения ресурсоэффективности производства на основе перевода обслуживающей подсистемы на газомоторное топливо (предложена автором)

Основная идея концепции заключается в использовании в качестве энергоносителя природного газа, что приводит к системному изменению в организации деятельности выделенных подсистем предприятия. Реализация концепции потребовала моделирования и решения ряда вновь возникающих проблем управления качеством энергоносителя и ряда метрологических проблем, представленных в параграфе 2.2 и 2.3 диссертации.

В реализацию концепции активно вовлекались достижения ГОСТ Р ИСО 50001 в плане развития представленного в нем процессного подхода в пользу обеспечения устойчивости развития. Ресурсоэффективность рассмотрена в контексте устойчивого развития производства, что фокусируется на минимизации ресурсов для достижения желаемого уровня выпуска и выбора в отношении использования ресурсов.

В вопросах метрологического обеспечения процессов распределения природного газа на узлах учета важна проблематика измерения погрешностей при замере количества газа, величина которой влияет на эффективность и операции, возникающие между поставщиком и потребителем природного газа. Анализ причинно-следственных связей формирования разбаланса природного газа проведен с использованием статистических методов анализа и управления качеством процесса распределения природного газа.

В основу математического моделирования ресурсоэффективной обслуживающей подсистемы заложена оптимизационная модель использования альтернативных видов топлив. Корреляционный анализ показал, что наибольшее влияние на рост ресурсной эффективности транспортных подсистем оказывает закупка автомобилей на газовом оборудовании или ремоторизация имеющегося автопарка, и, соответственно, увеличение потребления компримированного природного газа в качестве моторного топлива.

При исследовании закономерностей роста энергоресурсоэффективности в диссертации проанализирована деятельность 30 обслуживающих подсистем предприятий, занятых производством газомоторного топлива. Выявлено, что в 14 из 30 предприятий прогноз потребления газомоторного топлива в 2023 году превышает потребление жидкого бензинового и дизельного топлива (рис. 2).

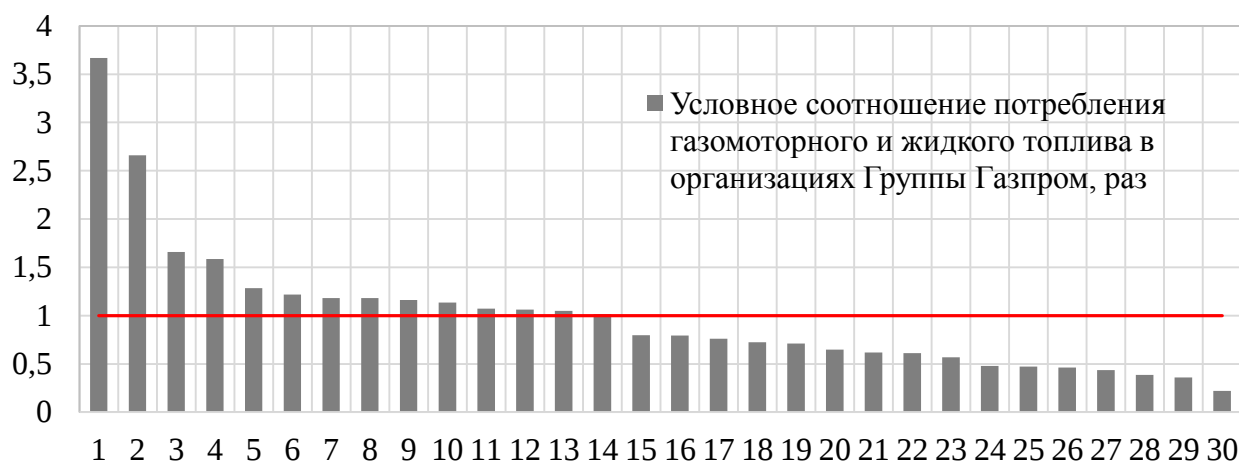


Рисунок 3 – Потребление газомоторного и жидкого моторного топлива в организациях Группы Газпром в 2023 году (составлено автором)

Также в работе выявлены пропорции потребления альтернативных видов топлива и использования альтернативных видов транспорта в промышленности.

Для решения задачи целевая функция имеет вид уравнения регрессии:

$$y = 7413,5 + 0,012x_1 + 19,93x_2, Y \rightarrow \max, \quad (1)$$

где  $y$  – ресурсная эффективность транспортных подсистем за счет замещения бензинового топлива природным газом, рублей;

$x_1$  – расходы на закупку автомобилей на газовом оборудовании и ремоторизация имеющегося автопарка, рублей;

$x_2$  – потребление компримированного природного газа в качестве моторного топлива, тыс. куб. м/т.

В качестве ограничений целевой функции приняты прямые условия по вариации значений показателей  $x_1$  и  $x_2$  исходя из практики 30 исследуемых предприятий группы ПАО «Газпром»: по величине  $x_1$  диапазон значений [70;1700] млн. рублей, по величине  $x_2$  – диапазон [200;16000] тыс. куб. м/т. Кроме того, планируемые расходы на закупку автомобилей на газовом оборудовании ( $x_1$ ) линейно влияют на планы по расширению соответствующего автопарка ( $z_1$ ):

$$z_1 = 13,24 + 0,0075x_1. \quad (2)$$

На основе программы Группы Газпром по расширению использования природного газа в качестве моторного топлива нами приняты экстремумы по планам закупки автомобилей [10;60] единиц. В свою очередь, потребление компримированного природного газа в качестве моторного топлива является функцией от числа автотранспорта на газомоторном топливе ( $z_2$ ) с принятыми экстремумами [50;1000]:

$$z_2 = 235,33 + 0,087x_2. \quad (3)$$

Таким образом, система ограничений целевой функции будет иметь вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} 70 \leq x_1 \leq 1700 \\ 200 \leq x_2 \leq 16000 \\ 10 \leq 13,24 + 0,0075x_1 \leq 60 \\ 50 \leq 235,33 + 0,087x_2 \leq 1000. \end{array} \right. \quad (4)$$

В результате решения задачи найдено оптимальное значение среднегодовых затрат на закупку автомобилей на газовом оборудовании и ремоторизацию имеющегося автопарка – 623,5 млн. рублей; оптимальное значение потребления компримированного природного газа в качестве моторного топлива – 8789 тыс. куб. м/т. При данных параметрах достигается максимальная ресурсная эффективность транспортных подсистем за счет замещения бензинового топлива природным газом в 190 млн. рублей.

**В третьей главе «Развитие методов и способов контроля потребления газомоторного топлива в системе менеджмента качества»** исследованы организационные особенности процессов метрологического обеспечения учета газа, предложена методика и инструментарий мониторинга состояния метрологического обеспечения процессов распределения природного газа, разработана модель процесса поверки приборов учета газа на газозаправочных колонках на примере сети АГНКС ООО «Газпром газомоторное топливо».

Предложена модель повышения ресурсоэффективности производства на основе интегрального подхода к управлению ресурсосбережением, повышению конкурентоспособности на основе снижения энергоемкости производства, отличающаяся ориентиром на перевод на газомоторное топливо, что позволяет снизить энергоемкость, включая выявленные закономерности энергопотребления при альтернативных его моделях (рис. 3). Ресурсосбережение обслуживающей подсистемы возможно на основе перевода транспортных работ на газомоторное топливо, что существенно сокращает затраты на транспортировку и расходы в целом на транспортный парк ввиду меньшей нагрузки на двигатель и увеличение срока службы. Кроме того, энергоресурсосбережение важно реализовать в рамках корпоративной информационной системы, интегрирующей вопросы количества и качества потребления природного газа в качестве энергоносителя.

Внешний транспорт предприятия предназначен для доставки материальных ресурсов для производства, а также вывоза готовой продукции, отходов, предметов утилизации. Внутренний транспорт выполняет перемещение грузов (сырье, промежуточный продукт, отходы, инструменты, агрегаты, запасные части, тара, ГСМ) между цехами и складским хозяйством.

Перевод данной техники на газомоторное топливо предусматривает организацию газозаправочной инфраструктуры, включающей организацию автомобильной газонаполнительной компрессорной станции, передвижной автомобильный газовый заправщик, переоборудование автомобилей и иной техники на газовое топливное оборудование, установку метрологического оборудования для учета расхода газа и пр.

В качестве средства измерения на промышленных АГНКС при отпуске КПП в транспортные средства используются газозаправочные колонки для заправки сжатым природным газом транспортных средств, измерения массы отпущенного газа, вычисления объема, приведенного к стандартным условиям по ГОСТ 2939-63, а также стоимости отпущенного топлива.



Рисунок 3 – Организационная модель процесса перевода обслуживающей подсистемы промышленного производства на газомоторное топливо (разработана автором)

При поверке колонок применяются соответствующие средства поверки. Схема подключения газораспределительной колонки для проведения операций в целях подтверждения соответствия средств измерений метрологическим характеристикам представлена на рисунке 4.

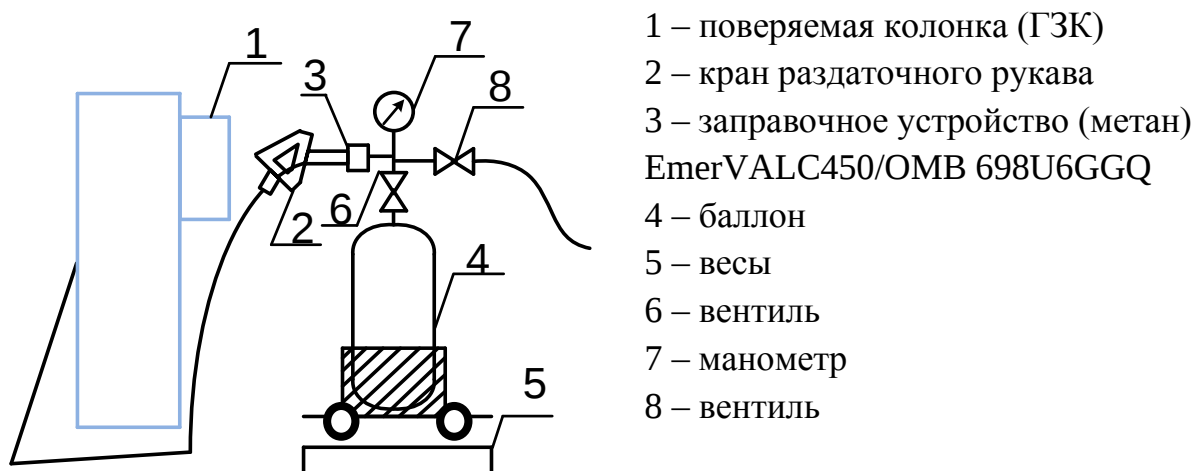
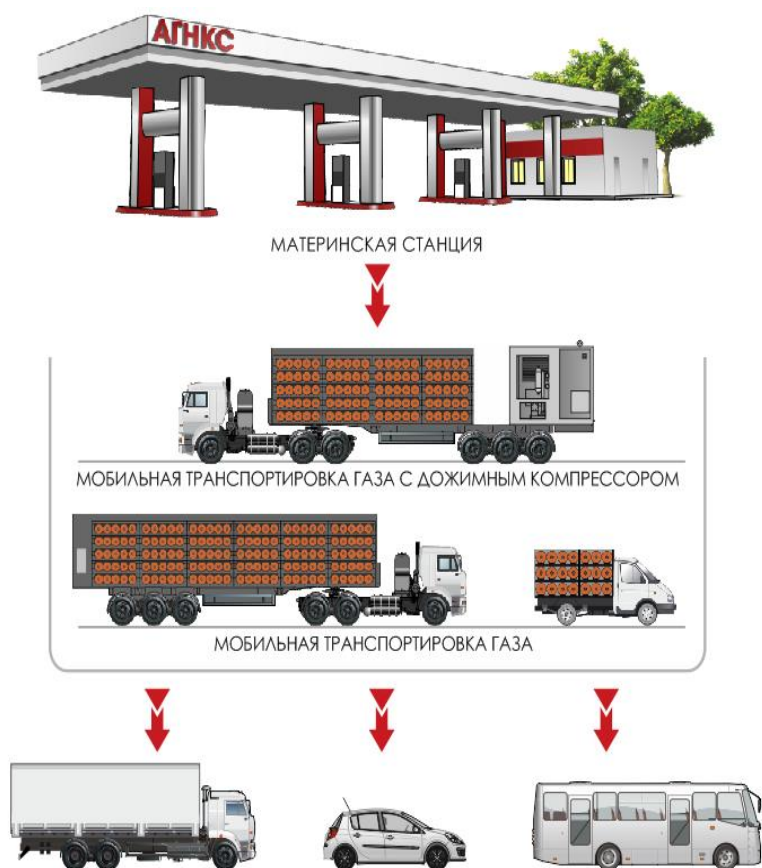


Рисунок 4 – Схема подключения газораспределительной колонки для проведения операций по соответствию средств измерений метрологическим характеристикам (составлено автором)



Предлагаемая модель относится к области использования природного газа в качестве моторного топлива, конкретно к передвижным автомобильным газовым заправщикам (ПАГЗ), предназначенным для транспортировки, кратковременного хранения и реализации КПГ в качестве моторного топлива). Альтернативной заменой АГНКС являются передвижные заправщики типа ПАГЗ, которые выполняют функцию приближения заливок природного газа (рис. 5).

Рисунок 5 – Схема передвижного автомобильного газового заправщика ПАГЗ (составлено автором)

Принципиальная схема предлагаемой модели процесса поверки приборов учета газа на газозаправочных колонках представлена на рисунке 6: 1 – система коммерческого учета газозаправочной колонки АГНКС; 2 – шланг высокого давления; 3 – заправочный узел; 4 – блок эталонного счетчика; 4.1, 4.2, 4.3 – запорная арматура блока эталонного счетчика; 4.5 – байпасный газопровод блока эталонного счетчика; 4.6 – сбросной газопровод блока эталонного счетчика; 4.7 – кран сбросного газопровода блока эталонного счетчика; 5 – блок баллонов; 6 – узел выдачи КПП потребителю.

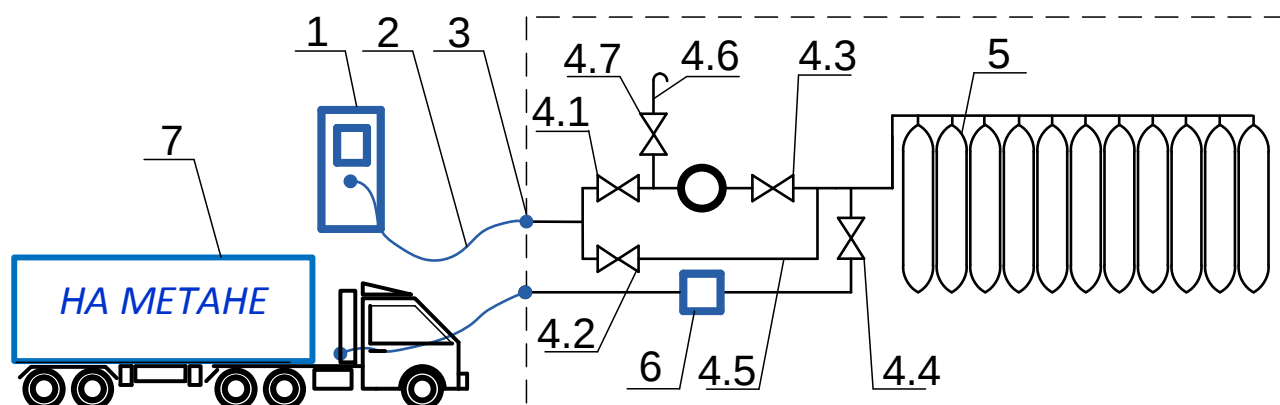


Рисунок 6 – Принципиальная схема предлагаемой модели процесса поверки приборов учета газа на газозаправочных колонках (составлено автором)

Разработанная модель позволяет снизить затраты АГНКС на эксплуатацию станции за счет сокращения затрат на проведение поверки систем учета и исключить сброс готового моторного топлива в атмосферу.

В четвертой главе «Практическая реализация методов и моделей организации метрологического обеспечения на узлах коммерческого учета компримированного природного газа» представлена предлагаемая схема совершенствования системы стандартизации использования газомоторного топлива обслуживающими подсистемами промышленного производства, апробация модели «Передвижной автомобильный газовый заправщик» на примере обслуживающего производства ПАО «Газпром», а также технико-экономический эффект от развития технологий использования природного газа в качестве моторного топлива.

Серия стандартов о ресурсосбережении может быть дополнена рекомендациями по организации обслуживающих подсистем с позиции ресурсосбережения. Также возможна разработка отраслевых стандартов об организации газозаправочной инфраструктуры промышленных предприятий и порядке использования газомоторного топлива. Совершенствование стандартов предлагается по пяти основным позициям, имеющим ключевое значение для организации газозаправочной инфраструктуры промышленных предприятий (рис. 7).

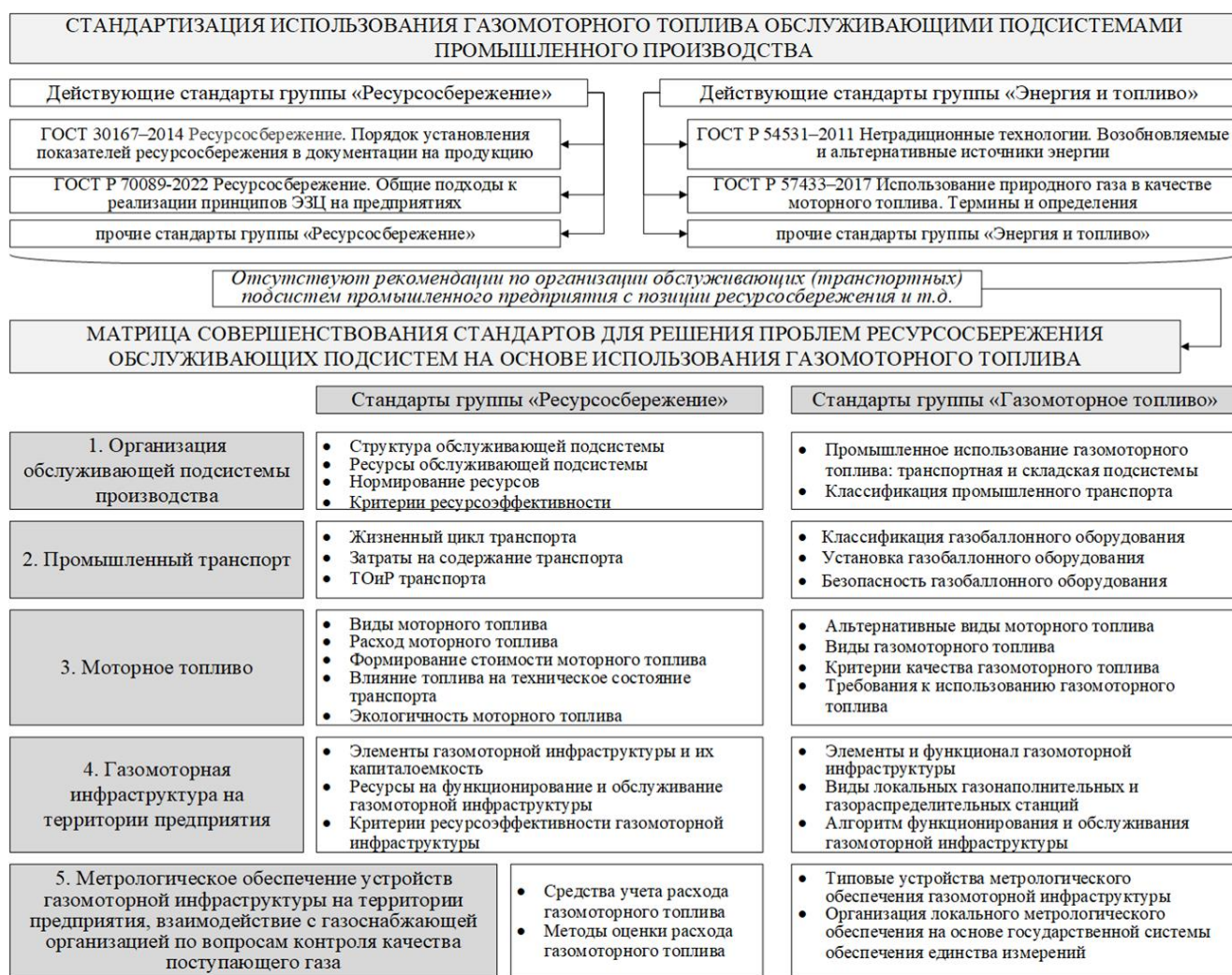


Рисунок 7 – Стандартизация использования газомоторного топлива обслуживающими подсистемами промышленного производства  
(составлено автором)

ПАО «Газпром» реализует с 2014 года мероприятия по расширению использования природного газа в качестве моторного топлива на собственном транспорте организаций Группы Газпром. При формировании плана приобретения АТС на ГМТ ПАО «Газпром» были учтены обеспеченность промышленных подразделений предприятия объектами ГЗИ. По состоянию на 31 декабря 2021 г. ПАО «Газпром» эксплуатируется 64 АГНКС, 153 ПАГЗ, ПАГНКС и МКБ. Объем потребления природного газа в качестве моторного топлива увеличивается по годам за счет расширения парка газомоторных автомобилей и повышения эффективности использования техники (рис. 8).

В период 2014-2022 годов суммарный объем потребления природного газа в качестве моторного топлива составил 509,8 млн куб. м. Суммарная эффективность замещения ЖМТ природным газом, связанная с разницей в стоимости ЖМТ и КПП, в период 2014-2022 гг. составила 9 869,2 млн руб. Сводная таблица эффектов от внедрения разработок автора приведена в таблице 1.



Рисунок 8 – Результат перехода транспортного парка на газомоторное топливо в ПАО «Газпром» (составлено автором)

Таблица 1 – Ресурсосберегающий эффект от перевода транспортной подсистемы промышленных подразделений ПАО «Газпром» на ГМТ

| № | Внедрение разработок                                                                                                                                                                                                     | Эффект от внедрения разработок                                                                                                                                                                                                                                  |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Использование передвижного автомобильного газового заправщика (40 млн руб.) как альтернатива стационарной станции (200 млн руб.)                                                                                         | Снижение капитальных затрат на 160 млн. рублей при обеспечении транспортной подсистемы газовым заправщиком                                                                                                                                                      |
| 2 | Снижение энергоемкости производства, в частности за счет перехода транспорта с жидкого моторного топлива на природный газ                                                                                                | Снижение стоимости потребляемого моторного топлива на производстве в 2-2,5 раза в результате использования природного газа по сравнению с бензином и дизельным топливом                                                                                         |
| 3 | Повышение качества контроля расхода газа за счет увеличения точности измерения на основе предложенного способа метрологического обеспечения «Мобильная поверочная установка для счетчиков газораспределительных станций» | Исключение простоя производственного транспорта ввиду бесперебойной работы заправщика в условиях метрологической поверки и калибровки систем учета газа. Повышение достоверности передачи единицы измерений расхода газа от эталона рабочему средству измерений |
| 4 | Уменьшение отрицательного воздействия на окружающую среду продуктов сгорания при переходе автотранспорта с жидкого моторного топлива на природный газ                                                                    | Снижение платы за НВОС по сравнению с ЖМТ за счет: снижения выбросов оксидов азота до 80%, снижения выбросов углекислого газа до 70 %.                                                                                                                          |
| 5 | Меньшее воздействие топлива на двигатель автомобиля при его эксплуатации при переходе автотранспорта с жидкого моторного топлива на природный газ                                                                        | Снижение затрат на основные средства производства, в частности расходов на ТО и ремонт транспорта ввиду увеличения ресурса работы двигателя на 30%                                                                                                              |

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

По итогам проведенного исследования сделаны следующие основные выводы.

1. Для транспортно-технологической и энергетической подсистем промышленного предприятия разработана ресурсосберегающая модель их функционирования, основанная на создании газозаправочной инфраструктуры и стандартизации ее процессов. Внедрение данной разработки позволяет снизить стоимость потребляемого моторного топлива на производстве в 2-2,5 раза в результате использования природного газа по сравнению с бензином и дизельным топливом; сократить капитальные затраты на 160 млн. рублей при обеспечении транспортной подсистемы газовым заправщиком.

2. Предложены организационно-технические решения по управлению качеством поступающего в энергосистему предприятия газомоторного топлива, прогнозированию потребности в энергетических ресурсах с учетом сезонности их качества. Внедрение данной разработки позволяет снизить затраты на основные средства производства, в частности расходов на ТО и ремонт транспорта ввиду увеличения ресурса работы двигателя на 30%; исключить простой производственного транспорта ввиду бесперебойной работы заправщика в условиях метрологической поверки и калибровки систем учета газа.

3. Обоснована необходимость повышения ресурсоэффективности производства на основе интегрального подхода к управлению ресурсосбережением, ориентированного на перевод транспортной подсистемы на газомоторное топливо.

4. Разработан новый способ метрологического обеспечения газозаправочной инфраструктуры обслуживающей подсистемы предприятия, основанный на использовании эталонных элементов при учете расхода топлива. Внедрение данной разработки позволяет повысить качество контроля расхода газа за счет увеличения точности измерения на основе предложенного способа метрологического обеспечения «Мобильная поверочная установка для счетчиков газораспределительных станций».

5. Предложена модель передвижного автомобильного газового заправщика, отличающаяся от существующих тем, что непосредственно после заправочного узла установлен блок эталонного счетчика, с помощью которого проводится поверка системы коммерческого учета газозаправочной колонки. Данный способ организации процесса распределения газомоторного топлива в рамках газозаправочной инфраструктуры промышленного предприятия позволяет существенно повысить качество работ транспортных подсистем предприятий: повысить точность контроля расхода газа, исключить простой производственного транспорта, предоставить возможность учета сезонности потребления топлива.

6. Техничко-экономический эффект от развития технологий использования природного газа в качестве моторного топлива на примере ПАО «Газпром» выражен в следующих результатах: снижение капитальных затрат на 160 млн. рублей при обеспечении транспортной подсистемы газовым заправщиком; снижение стоимости потребляемого моторного топлива на производстве в 2-2,5 раза в результате использования природного газа по сравнению с бензином и дизельным топливом; исключение простоя производственного транспорта ввиду бесперебойной работы заправщика в условиях метрологической поверки и калибровки систем учета газа; повышение достоверности передачи единицы измерений расхода газа от эталона рабочему средству измерений; снижение платы за НВОС по сравнению с ЖМТ за счет: снижения выбросов оксидов азота до 80%, снижения выбросов углекислого газа до 70 %; снижение затрат на основные средства производства, в частности расходов на ТО и ремонт транспорта ввиду увеличения ресурса работы двигателя на 30%.

**Рекомендуется** для целей развития ресурсосберегающих обеспечивающих транспортных подструктур промышленных предприятий использовать модель функционирования, основанную на создании газозаправочной инфраструктуры с учетом стандартизации ее процессов; руководствоваться организационно-техническими решениями по управлению качеством поступающего в энергосистему предприятия газомоторного топлива, прогнозированию потребности в энергетических ресурсах с учетом сезонности их качества.

**Перспективы** дальнейшего совершенствования системы энергетического менеджмента промышленного предприятия заключаются в развитии управления качеством обслуживающих (транспортных) подсистем в части метрологического обеспечения процессов распределения природного газа: оцифровка процедур мониторинга, учета и контроля за измерениями природного газа в газораспределительной сети, внедрением цифровых технологий управления данными процессами, которые совместно с научно-обоснованными методиками учета природного газа будут способствовать достижению ресурсоэффективности производства.

## **СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Публикации в журналах, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации**

1. Батталов, А. Ф. Моделирование ресурсосберегающей транспортной подсистемы производства / А. Ф. Батталов // Компетентность. – 2024. – № 1. – С. 42-45. – 0,44 печ.л.

2. Батталов, А. Ф. Разработка организационно-технических решений по

повышению качества процессов распределения газомоторного топлива для обслуживающих производств / А. Ф. Батталов, А. И. Шинкевич // Известия самарского научного центра РАН. – 2024. – № 1. – С. 92-99. – 0,75 печ.л./0,5 п.л.

3. Батталов, А. Ф. Повышение экономической эффективности работы ООО «Газпром трансгаз Казань» при эксплуатации подогревателей газа на газораспределительной станции / М. О. Шальнев, Я. В. Денисова, А. Ф. Батталов // Омский научный вестник. – 2023. – № 11. – С. 53-59. – 0,65 печ.л./0,3 п.л.

4. Батталов, А. Ф. Совершенствование организационно-методических вопросов аналитического контроля качества природного газа в Испытательной лаборатории / А. Ф. Батталов, Р. Т. Саетова, Я. В. Денисова // Омский научный вестник. – 2021. – № 4(178). – С. 29-33. – 0,57 печ.л./0,3 п.л.

#### **Публикации в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в международных базах данных**

5. Battalov, A. F. Chemical Engineering as a Tool for the Development of Meso-economic Systems / S. S. Kudryavtseva, N. V. Barsegyan, D. V. Kharitonov, A. F. Battalov // AIP Conference Proceeding. – 2024. – Vol. 3021. – №070017. – 0,44 п.л./0,11 п.л.

6. Battalov, A. F. Simulation of the mixing process in a slot channel with jet injection / A. A. Kurbangaleev, A. F. Battalov, F. Kh. Tazyukov // Journal of Physics: Conference Series. – 2022. – Vol. 2379. – №012003. – 0,41 п.л./0,12 п.л.

#### **Свидетельства о регистрации патентов**

7. Патент № 2793592 С1 Российская Федерация, МПК G01F 25/10. Мобильная поверочная установка для счетчиков газораспределительных станций: № 2022115053: заявл. 03.06.2022: опубл. 04.04.2023 / А. Ф. Батталов, С. Л. Малышев, В. Ф. Сопин, А. И. Сойко; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева - КАИ».

8. Патент № 2801298 С1 Российская Федерация, МПК G01F 25/00. Способ проверки системы коммерческого учета газа газозаправочной колонки автомобильной газонаполнительной компрессорной станции: № 2022119020: заявл. 12.07.2022: опубл. 07.08.2023 / М. В. Чучкалов, А. Ф. Батталов, А. М. Ильин; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Газпром трансгаз Казань».

9. Патент на полезную модель № 215776 U1 Российская Федерация, МПК F17C 5/06, B60P 3/22. Передвижной автомобильный газовый заправщик: № 2022119021: заявл. 12.07.2022: опубл. 26.12.2022 / М. В. Чучкалов, А. Ф. Батталов, А. М. Ильин; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Газпром трансгаз Казань».

#### **Монография**

10. Многофазные испытательные стенды газожидкостных смесей: аппараты, аттестация, воспроизведение: монография / В. Н. Петров, А. Ф. Батталов [и др.]. – Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2022. – 196 с. – 13,68 п.л./2,13 п.л.

### **Публикации в других научных изданиях и сборниках материалов конференций**

11. Батталов, А. Ф. Исследование эффективности организации обслуживающих транспортных подсистем промышленных предприятий / А.Ф. Батталов // Сборник научных статей «Тенденции развития логистики и управления цепями поставок», г. Казань, 2023. – С. 26-29. – 0,32 печ.л.

12. Батталов, А. Ф. Проблемы метрологического обеспечения процессов распределения природного газа в транспортных подсистемах промышленных производств / А.Ф. Батталов // Сборник научных статей «Актуальные тренды цифровой трансформации промышленных предприятий», г. Казань, 2023. – С. 41-44. – 0,28 печ.л.

13. Батталов, А. Ф. Разработка и внедрение мобильных поверочных установок для контроля качества газораспределительных систем природного газа / А. Ф. Батталов, С. Л. Малышев, В. Ф. Сопин // Вестник Технологического университета. – 2021. – Т. 24, № 10. – С. 72-75. – 0,86 печ.л./ 0,3 п.л.

14. Батталов, А. Ф. Модель движения потока газа в трубе с диафрагмой при ламинарном режиме течения / А. А. Курбангалеев, Ф. Х. Тазюков, А. Ф. Батталов [и др.] // Научно-технический сборник «Вести газовой науки». – 2021. – № 3(48). – С. 261-268. – 0,79 печ.л./0,25 п.л.

15. Батталов, А. Ф. Моделирование течения газа в канале, содержащем узел учета / А. Ф. Батталов, А. А. Курбангалеев, Ф. Х. Тазюков // Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли: Сборник материалов V Международной научно-практической конференции, Альметьевск, 12 ноября 2020 года. Том 2. – Альметьевск: Альметьевский государственный нефтяной институт, 2020. – С. 19-24. – 0,35 печ.л./0,15 п.л.