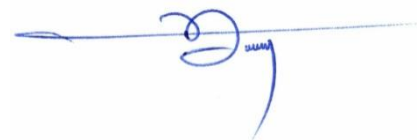


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
Высшего образования «Казанский национальный исследовательский
технологический университет»

На правах рукописи



БАТТАЛОВ АНДРЕЙ ФАИМОВИЧ

**ОРГАНИЗАЦИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ
ПОДСИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

2.5.22. Управление качеством продукции.
Стандартизация. Организация производства.

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

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

Казань – 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК АББРЕВИАТУР	4
ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ИССЛЕДОВАНИЕ ПРАКТИКИ ОРГАНИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ ПОДСИСТЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В РАМКАХ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА.....	15
1.1 Место обеспечивающей подсистемы промышленного предприятия в системе менеджмента качества.....	15
1.2 Уровень организации и проблемы развития энергоэффективных транспортных подсистем промышленных предприятий	24
1.3 Современные практики управления обслуживающими подсистемами предприятий и регламентирующие ресурсосбережение стандарты.....	33
2 КОНЦЕПЦИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ МОДЕЛИ ТРАНСПОРТНОЙ ПОДСИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ .	44
2.1 Идея организации транспортных подсистем производства и метрологического обеспечения процессов распределения газомоторного топлива	44
2.2 Передовые практики метрологического обеспечения процессов распределения природного газа на узлах учета в производственных подсистемах	65
2.3 Организационная и математическая модель ресурсосберегающей транспортной подсистемы производства на основе использования газомоторного топлива	80
3 ПРЕДЛАГАЕМАЯ СИСТЕМА ИНСТРУМЕНТОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГАЗОЗАПРАВОЧНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....	95
3.1 Организационные особенности процессов метрологического обеспечения распределения компримированного природного газа на узлах учета.....	95

3.2 Разработка методики и инструментария мониторинга состояния метрологического обеспечения процессов распределения природного газа....	103
3.3 Разработанная модель процесса поверки приборов учета газа на газозаправочных колонках сети АГНКС ООО «Газпром газомоторное топливо»	109
4 ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ МОДЕЛИ ТРАНСПОРТНОЙ ПОДСИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	122
4.1 Апробация модели «Передвижной автомобильный газовый заправщик» на примере обслуживающего производства ПАО «Газпром»	122
4.2 Совершенствование стандарта для решения проблем ресурсосбережения и качества учета расхода газа на примере газозаправочной инфраструктуры промышленных предприятий, обслуживаемой ПАО «Газпром»	133
4.3 Техничко-экономический эффект от реализации модели развития технологий использования природного газа в качестве моторного топлива в ПАО «Газпром».....	144
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	160
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	164

СПИСОК АББРЕВИАТУР

- АГНКС – автомобильная газонаполнительная компрессорная станция;
- АТС – автотранспортные средства (автобусы, легковые, грузовые, специальные, автокраны);
- ГБО – газобаллонное оборудование;
- ГЗИ – газозаправочная инфраструктура – совокупность объектов (стационарных, мобильных), предназначенных для обеспечения транспортных средств газомоторным топливом;
- ГЗК – газозаправочная колонка.
- ГМТ – газомоторное топливо (КПГ, СПГ);
- ДО – дочернее общество ПАО «Газпром» основного вида деятельности;
- ДСТ – дорожно-строительная техника – группа машин, предназначенных для проведения строительных работ, а также для эксплуатации и содержания дорог (экскаваторы, тракторы транспортные, тракторы трелевочные, бульдозеры, грейдеры, гусеничные тягачи, бурильные установки);
- ДТ – дизельное топливо;
- ЖМТ – жидкое моторное топливо (ДТ, бензины);
- ИЛ – испытательная лаборатория;
- КАЗС – криогенная автозаправочная станция;
- КПГ – компримированный природный газ (метан);
- Крио ПАГЗ – криогенный передвижной автомобильный газовый заправщик;
- МКБ – мобильный компрессорный блок для разгрузки ПАГЗ;
- НДС – налог на добавленную стоимость;
- ОПЭ – опытно-промышленная эксплуатация;
- организации Группы Газпром – дочерние общества ПАО «Газпром» основного вида деятельности, участвующие в реализации Программы

по расширению использования природного газа в качестве моторного топлива на собственном транспорте организаций Группы Газпром на 2023–2025 годы;

ПАГЗ – передвижной автомобильный газовый заправщик;

ПАГНКС – передвижная автомобильная газонаполнительная компрессорная станция;

ПИР – проектно-изыскательские работы;

ПТМ – подъемно-транспортные машины;

СМР – строительно-монтажные и ремонтные работы;

СПГ – сжиженный природный газ;

СТО – станция технического обслуживания;

СУГ – сжиженный углеводородный газ (пропан-бутан);

ТЗП – топливозаправочный пункт;

ТС – транспортные средства (АТС и ДСТ);

ЭПУ – эксплуатационно-производственное управление;

ВВЕДЕНИЕ

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 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., Шинкевич М.В. 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., Перетряхиной 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 Бабушкина В.М., Воронова А.А., Гудакова Н.И., Здобникова И.А., Мартыненко Г.Н., 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, касающиеся 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.

1 ИССЛЕДОВАНИЕ ПРАКТИКИ ОРГАНИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ ПОДСИСТЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В РАМКАХ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

1.1 Место обеспечивающей подсистемы промышленного предприятия в системе менеджмента качества

В условиях глобализации цепей поставок, порождающей необходимость постоянного развития транспортных технологий, повышается роль и значимость транспортной подсистемы производства в рамках реализации задач обеспечения качества производимой продукции и сопутствующего сервиса в контексте устойчивого развития. Обеспечение ее ресурсоэффективности в значительной степени определяет результативность системы управления качеством (СМК) предприятия в целом. Вместе с этим данная подсистема является одной из наиболее ресурсоемких элементов производственной системы, а также наиболее подверженной влиянию значительного числа возмущающих стохастических факторов, что требует усиления прогностического инструментария управления данной обеспечивающей подсистемой.

Исторически СМК на предприятии ориентировалась на повышение качества производимой продукции, однако с развитием процессного подхода, в управлении качеством все больше акцент смещается в сторону развития производственных процессов с точки зрения качественных характеристик результатов и эффективности их достижения. СМК предприятия должна соответствовать Международным стандартам в области качества ИСО 9001 2015 [40] и ИСО 9004 2019 [41], которые определяют элементы СМК и требования к ним.

В контексте встраивания в СМК обеспечивающих процессов важно понимать их роль в общей реализации процессного подхода на предприятии. В этой связи важным является разделение процессов СМК и бизнес-процессов

предприятия. «Процессы СМК – это совокупность взаимосвязанных видов деятельности организации, позволяющих достичь целей в области качества» [с.458, 73]. В связи с этим процессы СМК включают в себя процессы, направленные на улучшение качества результатов основных, вспомогательных и обслуживающих процессов предприятия. Таким образом, структура процессов СМК, с одной стороны, непосредственно связана с процессами предприятия, формирующими ценность для потребителя, а с другой, отличается от них и включает процессы планирования, обеспечения, контроля и улучшения качества. Концептуальная модель процессов СМК представлена на рисунке 1.1.

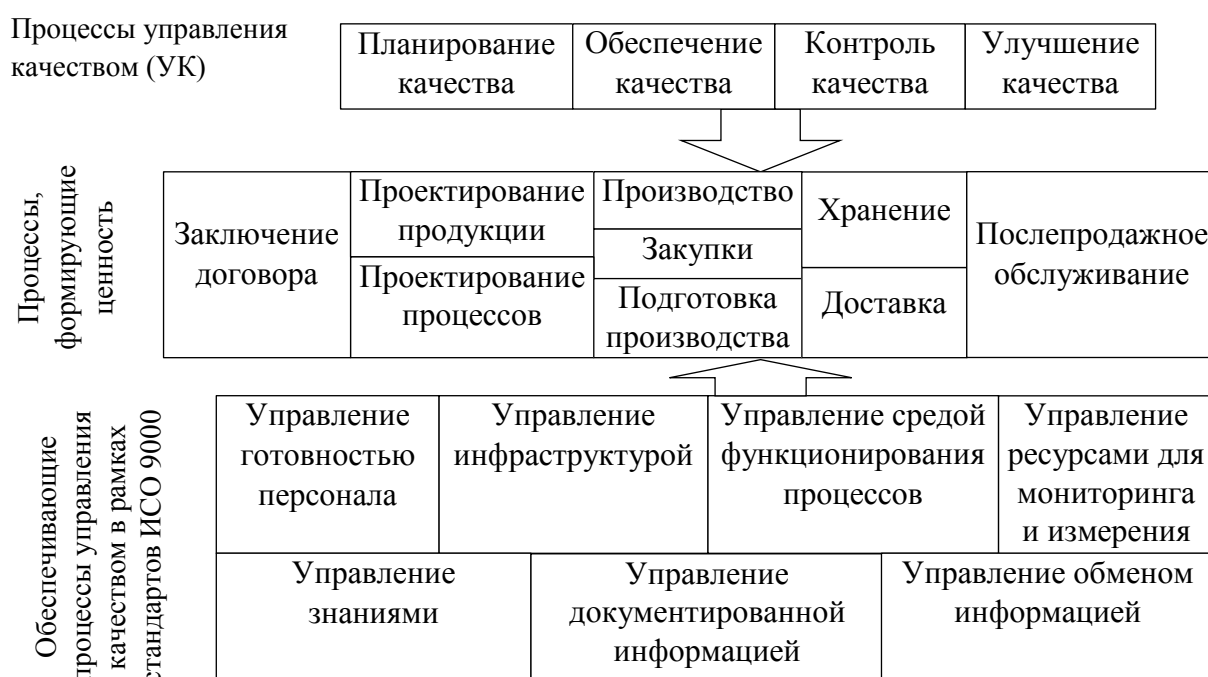


Рисунок 1.1 – Концептуальная модель процессов СМК [с. 463, 89]

Такая модель представляет собой структуру процессов СМК, которые формируют качество готовой продукции, то есть добавляет ценность. Однако очевидно, что влияние на качество готовой продукции для различных процессов является неодинаковым, более того, отдельные процессы непосредственно формируют качество продукции, в то время как другие – через

воздействие на другие процессы, то есть опосредованное. В этой связи важной частью формирования СМК является не просто реализация процессного подхода, но реализация иерархического процессного подхода, то есть выделение основных, вспомогательных и обслуживающих процессов. Непрямое влияние обслуживающих процессов на качество готовой продукции выделено в работе [100], что представлено на рисунке 1.2.

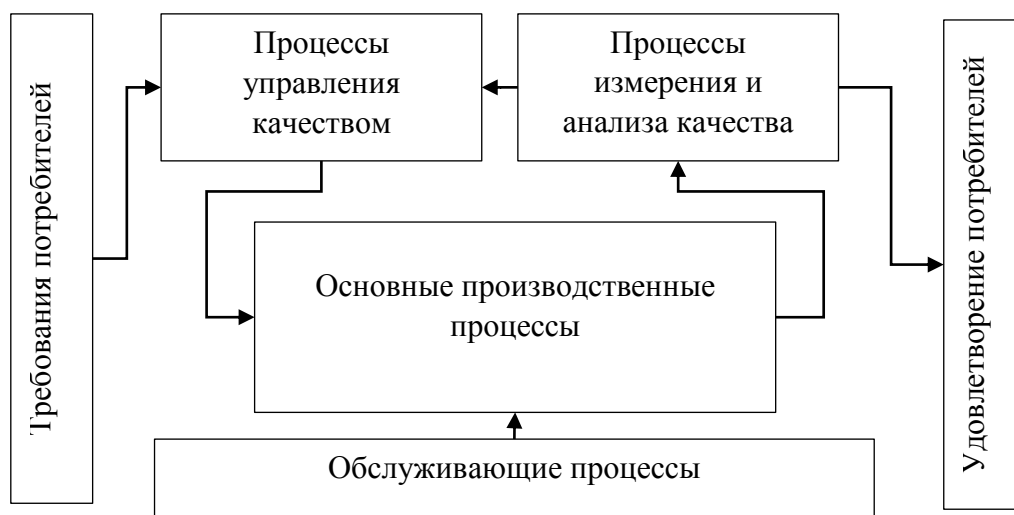


Рисунок 1.2 – Взаимосвязь основных и вспомогательных процессов при формировании СМК [с.428, 93]

Данная процессная модель отражает характер взаимосвязей различных видов процессов в процессе формирования СМК, в частности выделено опосредованное влияние обслуживающих процессов на удовлетворенность потребителей параметрами качества производимой продукции. В этой связи становится необходимо выделить параметры качества обслуживающих процессов, которые оказывают влияния на параметры качества готовой продукции, так как, очевидно, что эти критерии могут существенно отличаться.

Критерии качества результатов обслуживающих процессов определяются параметрами этих процессов. В связи с этим целесообразно определить такие параметры (рисунок 1.3).

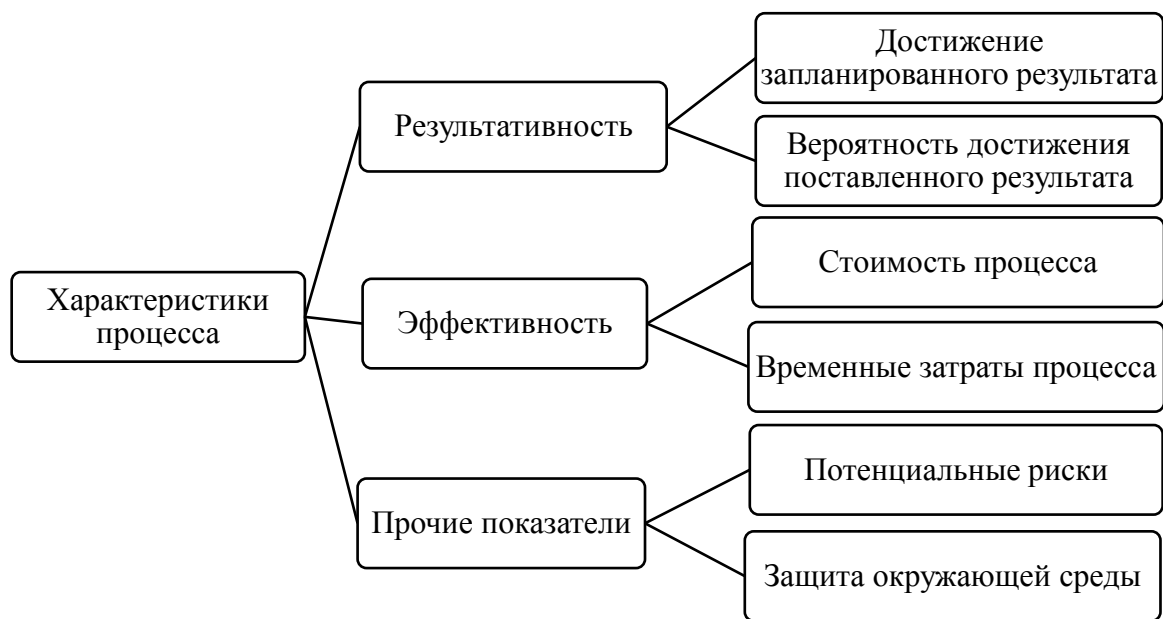


Рисунок 1.3 – Характеристики качества процесса [115]

Выделенные характеристики процессов соответствуют определению качества в целом, т.е. соответствие требованиям заинтересованных сторон, а также риск-ориентированному подходу. В контексте концепции устойчивого развития выделены характеристики экономической оценки и экологических рисков, поэтому целесообразно прочие показатели обозначить, как «критерии устойчивого развития». Говоря об устойчивости процессов и риск-ориентированном подходе, следует дополнить перечень групп критериев качества процессов параметрами надежности и адаптивности, так как наряду с постоянным улучшением необходимо обеспечение эффективной реакции процесса на возникающие изменения внешней среды. Отсюда комплекс характеристик качества процессов представлен на рисунке 1.4.

Следует отметить, что для основных процессов первичными являются требования к качеству их результатов (готовой продукции), а уже на их основе определяются требования к параметрам реализации процессов. Для обслуживающих процессов важными становятся именно требования к характеристикам качества процессов, так как особенностью таких процессов

является нематериальный характер результатов, которые определяются непосредственно параметрами реализации процесса.



Рисунок 1.4 – Характеристики качества процесса (составлено автором)

Различия формирования параметров качества для основных и обслуживающих процессов представлены на рисунке 1.5.

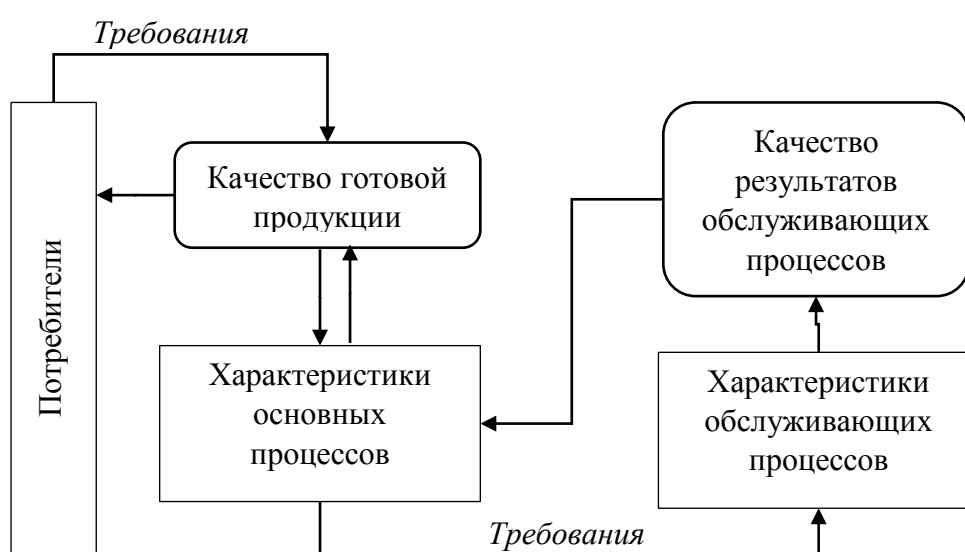


Рисунок 1.5 – Формирование параметров качества основных и обслуживающих процессов (составлено автором)

В соответствии с запросами потребителей определяются требования к качеству готовой продукции. На основе последних определяются оптимальных характеристики основных процессов, позволяющие достигнуть заданных требований к качеству. Далее, на основе параметров основных процессов, определяются параметры обслуживающих процессов, которые неотделимы от параметров качества результатов обслуживающих процессов в силу нематериального характера последних. В результате взаимодействия основных и вспомогательных процессов формируется качество готовой продукции, которые соответствуют или не соответствуют установленным значениям. При условии прогнозного соответствия целевых значений качества готовой продукции и параметров основных и обслуживающих процессов результирующее качество готовой продукции должно соответствовать установленным значениям (удовлетворять потребителей), в случае несоответствия выявляются отклонения и места их возникновения на различных этапах жизненного цикла изделия и реализуются корректирующие мероприятия, в том числе пересмотр характеристик основных и вспомогательных процессов.

Дополняет современные модели СМК производственных систем концепция устойчивого развития, которая расширяет существующие критерии качества и эффективности его формирования. В некоторой мере это отражено в исследовании Морозовой О.Л., где были проанализированы, подходы к оценке премии Деминга, Японской премии по качеству, Премии Правительства Российской Федерации в области качества, Национальной премии «Золотой Меркурий», методы самооценки на базе ГОСТ Р ИСО 9000, МС ИСО 10014, функциональной модели оценки менеджмента качества, бизнес-модели для проведения самооценки Тито Конти. В рамках данной работы автором были обобщены ключевые критерии оценки системы качества: «лидерство руководства», «результативность и эффективность работы». В большинстве из рассмотренных подходов в той или иной форме в качестве критерия оценки

учитывается «удовлетворенность заинтересованных сторон», а также «воздействие на общество» [69] (рисунок 1.6.)

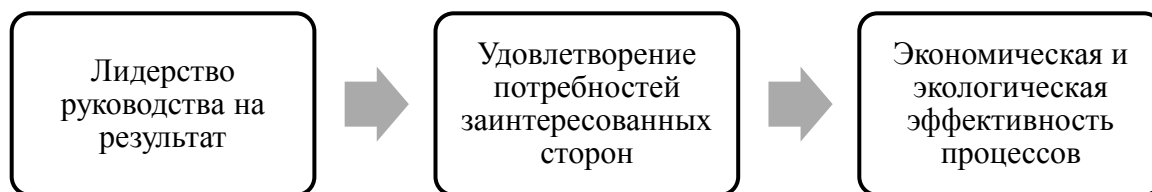


Рисунок 1.6 – Схема подхода к управлению качеством на промышленном предприятии [69]

Данный подход представляется достаточно обобщенным с точки зрения структуры системы управления качеством, где на наш взгляд целесообразно выделить основные элементы, влияющие на удовлетворение потребностей заинтересованных сторон (рисунок 1.7).

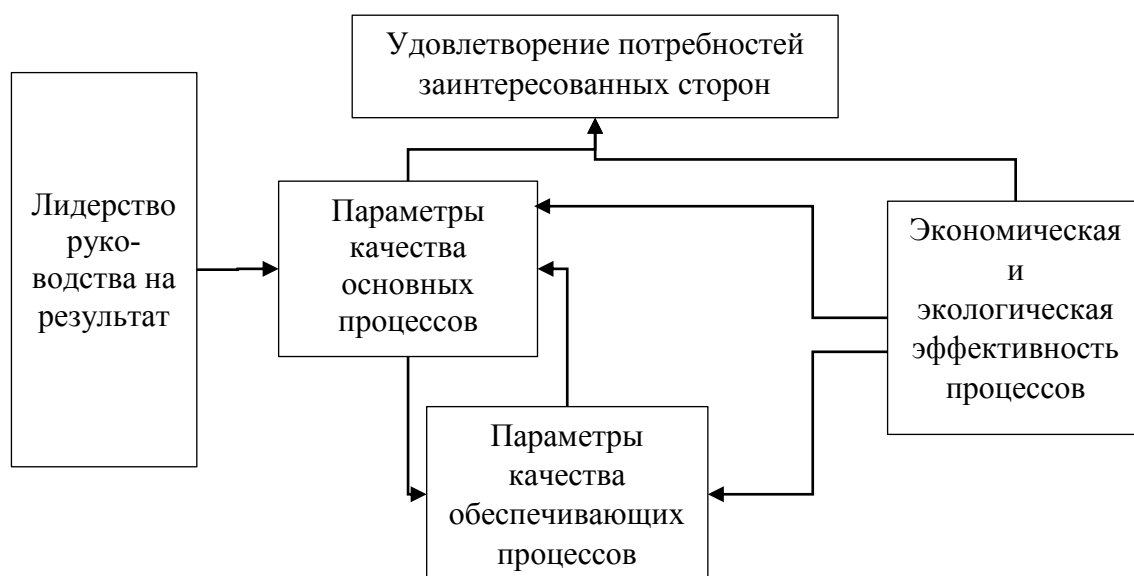


Рисунок 1.7 – Взаимосвязь основных и обеспечивающих подсистем СМК при управлении результативностью

Следует обратить внимание, что приоритетом системы управления качеством любого предприятия является удовлетворение потребностей заинтересованных сторон на основе управления результатами деятельности. При этом приоритетными объектами управления выступают основные

процессы, которые формируют конечную потребительскую ценность в чистом виде. Однако отмеченная нами выше взаимосвязь основных и обеспечивающих процессов формирует условия формирования качественных параметров производственной системы в целом. Вместе с этим следует отметить, что в силу первостепенности удовлетворения заинтересованных сторон результатами деятельности выделенная на рисунке 1.6 связь между удовлетворением и эффективностью должна быть обратной, так как экономическая и экологическая эффективность может быть обеспечена только в контексте удовлетворения пользователей. То есть повышение экономической и экологической эффективности возможно только при сохранении установленного уровня удовлетворенности заинтересованных потребителей. То есть все изменения указанных параметров процессов возможны только при условии сохранения или повышения уровня удовлетворенности пользователей. В связи с этим на нашей схеме (рисунок 1.7) конечным элементом формирования СМК является удовлетворённость пользователей, а параметры эффективности реализуются только в контексте обеспечения данной задачи.

В качестве объекта исследования в данной работе рассматриваются обслуживающий процесс транспортировки. В силу значимого воздействия на временные и стоимостные параметры основных производственных процессов – совершенствование качества транспортного процесса определяет в значительной степени параметры качества готовой продукции.

Лавров И.М. в своей работе предлагает определить категорию качества транспортного процесса следующим образом «качество транспортных процессов представляет собой совокупность параметров, характеризующих удовлетворенность клиентов выполненной перевозкой, а также рациональность использования транспортных ресурсов при ее подготовке и осуществлении» [55]. Таким образом, автор рассматривает категорию качества транспортной поддержки производства через ряд параметров удовлетворения потребностей пользователей, что в целом соответствует общей парадигме соответствующих стандартов ИСО 9000. Вместе с этим в данном определении отражены только

две основные характеристики процесса (результативность и эффективность), однако в силу высокого уровня вариабельности параметров транспортного процесса, его влияния на окружающую среду, целесообразно дополнить данное определение прочими характеристиками, выделенными на рисунке 1.4. Таким образом, по нашему мнению, качество транспортного процесса – это совокупность параметров, удовлетворяющих требования потребителей к перевозке, с учетом рационального использования ресурсов, в том числе в контексте концепции устойчивого развития, демонстрирующие достаточную степень постоянства и адаптивности к изменениям внешней среды.

Таким образом, выделение обеспечивающей подсистемы СМК обосновано реализацией процессного подхода управления качеством. Формирование критериев качества на основе запросов потребляющих элементов системы осуществляется не только посредством основных процессов, ценность которых очевидна в виде преобразования конечного продукта, но и посредством параметров обеспечивающих процессов. При этом основная и обеспечивающая подсистемы СМК находятся в тесном взаимодействии, когда параметры основных процессов задают требования к обеспечивающим элементам, а объективные параметры обеспечивающих процессов оказывают влияние на качественные результаты основных процессов. В структуре параметров качества обеспечивающих процессов выделены параметры надежности, результативности, эффективности, адаптивности и критерии устойчивого развития. В рамках формирования общего подхода к управлению качеством в производственных системах в контексте концепции устойчивого развития обозначена взаимосвязь руководства на результат, удовлетворенности потребностей заинтересованных сторон, экономическая и экологическая эффективность, где ключевым результирующим элементом СМК является удовлетворенность потребностей, и только в контексте этого элемента реализуются мероприятия по повышению экологической и экономической эффективности.

1.2 Уровень организации и проблемы развития энергоэффективных транспортных подсистем промышленных предприятий

Организация перемещения потоков играет одну из ключевых ролей в функционировании производственных процессов. Обеспечение эффективного транспортного процесса оказывает решающее влияние на формирование параметров качества готовой продукции, в особенности в контексте концепции устойчивого развития в силу значимого влияния последнего на экологические факторы, в связи с чем посредством влияния на транспортную подсистему в рамках решения задач организации производства достигается максимальный управленческий эффект.

Транспорт играет значимую роль в производственной системе предприятия, так как в настоящее время наблюдается устойчивая тенденция роста объема грузоперевозок, как за счет достижений технико-технологической составляющей транспортного процесса, так и за счет изменения подходов к организации производства. Большая гибкость размещения производственных объектов за счет повышения мобильности потоков позволяет оптимизировать производственный процесс снизив его стоимость и повысив производительность системы. За период 2015–2023г. наблюдается устойчивая тенденция роста средних объемов грузооборота (рисунок 1.8). Отмеченная на графике линия тренда демонстрирует циклический рост среднего объема перевозок, обусловленную внешними факторами производственной среды. Такая ситуация наблюдается в 2020г., что обусловлено влиянием карантинных ограничений. Кроме этого, следует отметить, что, несмотря на негативные политические факторы, возникшие в 2022г., сохраняется тенденция к росту объема грузооборота, что характеризует высокий уровень адаптивности производственных процессов предприятий.

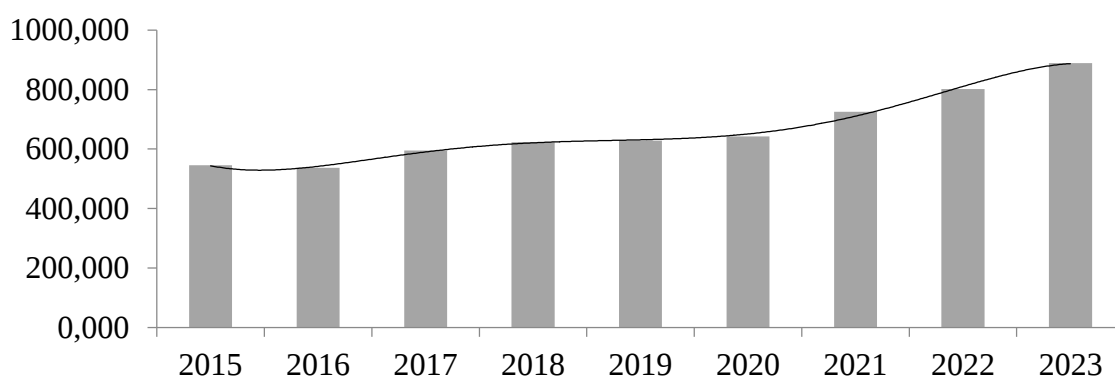


Рисунок 1.8 – Динамика изменения объемов грузоперевозок в РФ в 2015–2023 гг., тыс. т-км (составлено на основе [87])

Такая динамика во многом определяет организационные решения по оптимизации транспортного процесса, так как данный элемент производственной системы определяет в значительной степени качественные параметры основных производственных процессов. Вместе с этим значительную долю данного объема формируют железнодорожные и автомобильные перевозки (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Структура грузооборота по видам транспорта (составлено на основе [86,126]), процентов

Наименование	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Транспорт - всего	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Железнодорожный	86,6	86,5	86,8	87,5	87,0	86,8	86,3	86,0	84,3
Автомобильный	9,3	9,1	8,8	8,7	9,2	9,3	9,7	10,2	11,6
Морской	1,6	1,6	1,7	1,2	1,4	1,5	1,4	1,5	7,6
Внутренний водный	2,4	2,5	2,3	2,2	2,2	2,2	2,3	2,2	1,8
Воздушный	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,9	0,1

Основной объем грузооборота перемещается с применением железнодорожного транспорта, однако среди оставшихся автомобильный транспорт занимает наиболее значимую роль, существенно опережая остальные виды транспорта. Наряду с этим следует отметить рост удельного веса автомобильного транспорта в рассматриваемый период, что особенно

отмечается в период 2021-2023 гг. (рисунок 1.9), когда значение удельного веса достигает максимального значения за рассматриваемый период. При этом относительное изменение происходит за счет снижения доли железнодорожного транспорта, что отражает некоторое «перетекание» производственной нагрузки в сторону автомобильного транспорта.

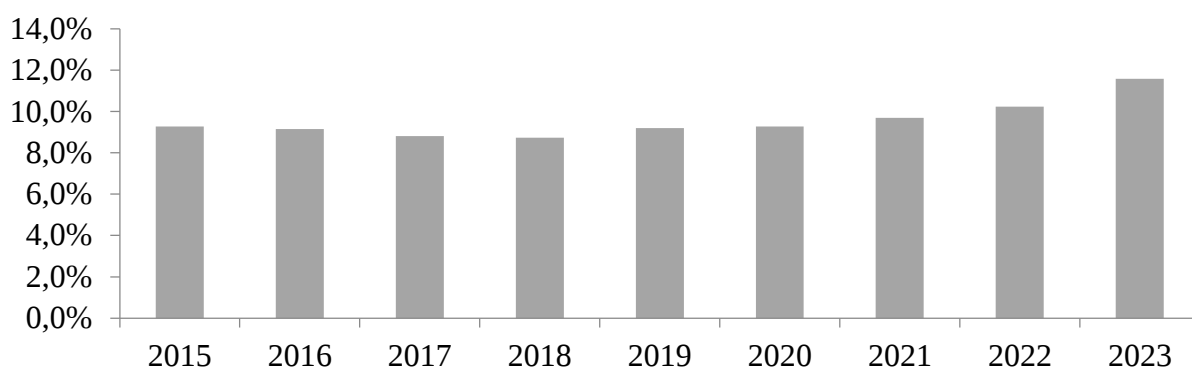


Рисунок 1.9 – Динамика изменения доли автомобильного транспорта в структуре грузооборота (составлено на основе [90])

Рассматривая динамику среднего объема перевезенного груза автомобильным транспортом, то данный показатель характеризуется неоднозначными тенденциями (рисунок 1.10).

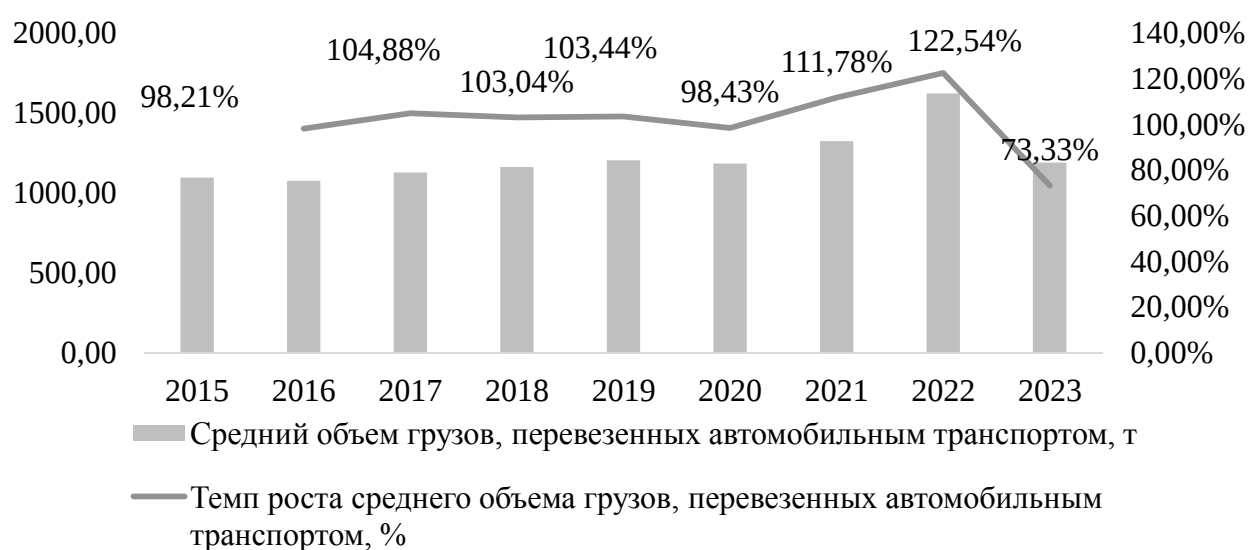


Рисунок 1.10 – Динамика среднего объема перевезенного автомобильным транспортом груза (составлено на основе [90])

В целом показатель достаточно стабилен, где падение наблюдается только в 2016 и 2020г., что обусловлено внешними факторами. В 2021-2022г. наблюдается значимый рост, обусловленный изменения цепочек поставок и высоким уровнем нестабильности внешней среды. После чего в 2023 г. наблюдается падение на 26,67%, фактически вернув значения на уровень 2020г.

Такая динамика, по мнению автора, обусловлена ростом цен на топливо, так как падение объема перевозок в 2020г. произошло после значительно скачка цен на все виды топлива в 2019г., безусловно сказалось влияние пандемии, однако долгосрочное влияние на объем перевозок, однако в 2022-2023 гг. наблюдается аналогичная ситуация, когда рост цен на топливо в 2022г. привело к снижению объема перевозок в 2023г., таким образом, по нашему мнению, наблюдается прямое влияние стоимости топлива на объем грузоперевозок (рисунок 1.11).

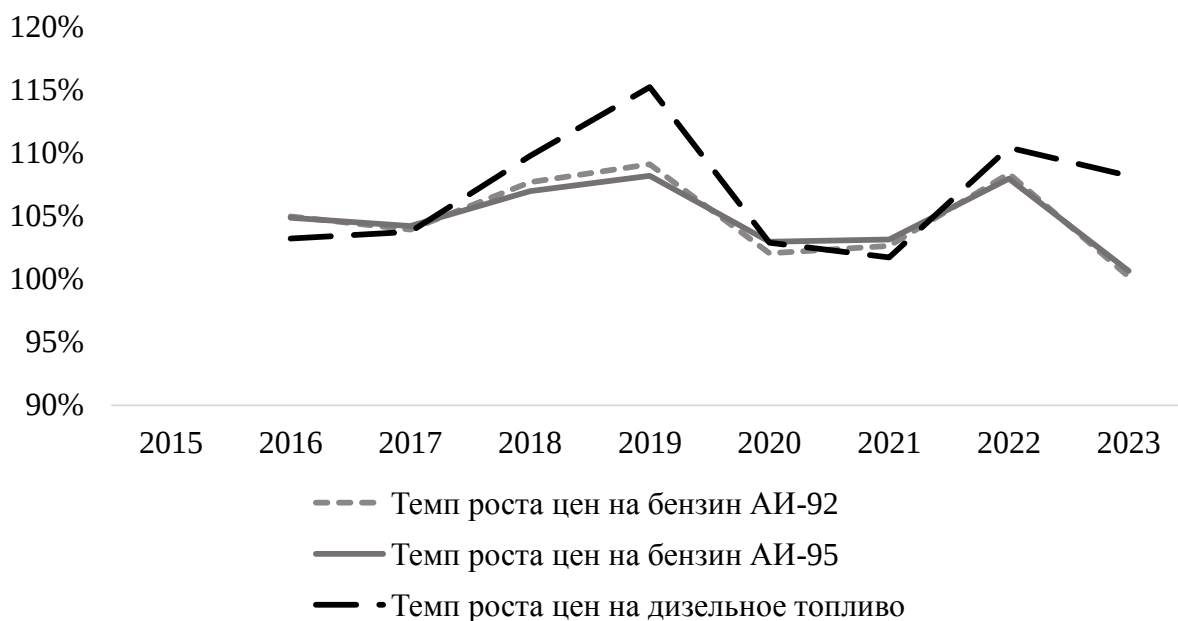


Рисунок 1.11 – Динамика роста цен на моторное топливо [111]

Кроме этого, следует обратить внимание на высокую динамику цен на дизельное топливо, которое в наибольшей степени используется в производственных системах при организации перевозки грузов. В 2019г. цена

выросла на 15,24%, и в 2022г. – на 10,44%. И в пиковые моменты роста затрат именно этот вид моторного топлива демонстрирует наибольшую динамику, при сохранении общей динамики всех рассмотренных видов моторного топлива. Использование данного вида топлива в транспортной подсистеме определяет высокую степень зависимости производственной системы от внешней среды.

При этом объем производства демонстрирует положительную динамику в течение аналогичного периода, что говорит о том, что снижение объемов перевозок не было обусловлено общим снижением деловой активности (рисунок 1.12).



Рисунок 1.12 – Соотношение динамики роста среднего объема перевозки автомобильным транспортом и среднего объема отгруженной продукции (составлено на основе [91])

Следует обратить внимание, что даже в период «пандемийного» спада снижение объема перевозок автомобильным транспортом сопровождало положительное изменение объема отгруженной продукции (объем перевозок снизился на 2,07%, а объем отгрузки вырос на 3,11%). Особенно драматичным такое отклонение было в 2021г., когда объем перевозок вырос еще на 3,77%, а объем отгрузок продукции – вырос на 33,68%.

Вместе с этим автомобильный транспорт в организации производственного процесса играет важную роль в силу его высокой гибкости как в части маршрутов передвижения, так и в части объемов перевозки, в отличие от железнодорожного транспорта. Поэтому целесообразно рассмотреть направления развития организации транспортного процесса в контексте влияния цен на топливо. Решением данной проблемы может стать внедрение газомоторного топлива в процессы транспортного обеспечения производственного процесса.

Использование КПГ в качестве газомоторного топлива является перспективной альтернативой использованию нефтяного топлива. Мировой парк автомобилей, работающих на КПГ, составляет 28,1 млн единиц. В Российской Федерации зарегистрировано более 59,22 млн единиц транспортных средств, из них 239 тыс. единиц (0,40 процента общего количества) используют КПГ в качестве газомоторного топлива. Численность грузовых транспортных средств, используемых на предприятиях различных сфер деятельности, постоянно растет (рисунок 1.13).

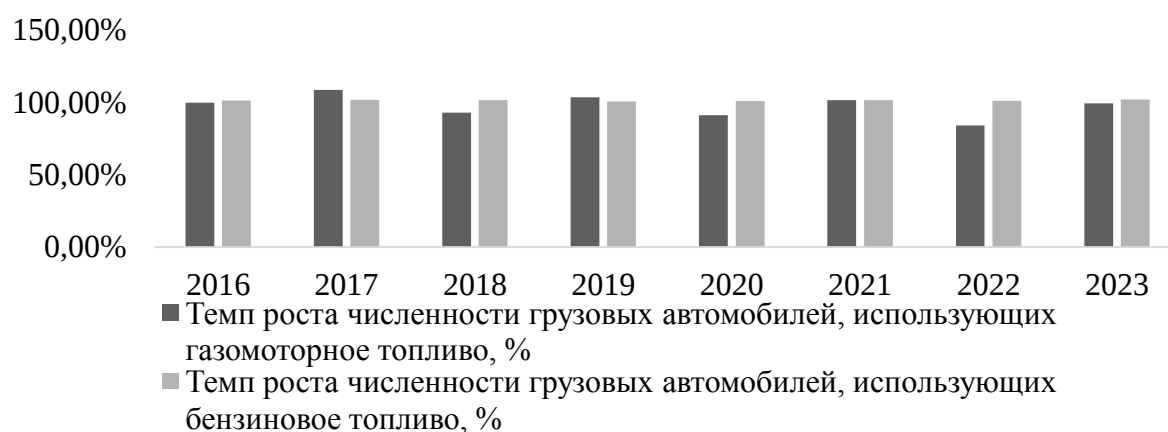


Рисунок 1.13 – Динамика изменения численности промышленного автотранспорта на бензиновом и газомоторном топливе (составлено автором на основе [91])

По состоянию на 1 января 2022 года в Республике Татарстан эксплуатируется более 11,3 тыс. единиц транспортных средств на газомоторном

топливе (метане).

С целью развития направления использования КПП и СПГ в качестве газомоторного топлива в Российской Федерации и Республике Татарстан приняты и реализуются:

- государственная программа Российской Федерации «Развитие энергетики», утвержденная постановлением Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 г. N 321 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Развитие энергетики»;

- государственная программа Республики Татарстан «Развитие рынка газомоторного топлива в Республике Татарстан на 2013 – 2023 годы», утвержденная постановлением Кабинета Министров Республики Татарстан от 26.04.2013 N 283 «Об утверждении государственной программы Республики Татарстан «Развитие рынка газомоторного топлива в Республике Татарстан на 2013 – 2023 годы».

Активно развивается и инфраструктура, способствующая повышению эффективности применения газомоторного топлива. Так ООО «Газпром газомоторное топливо» в настоящее время имеет сеть АГЗС более 450 единиц в 68 регионах РФ, обеспечивая потребление более 1,5 млрд м³ в год. Указанные станции расположены вдоль трасс М1 «Беларусь», М2 «Крым», М7 «Волга», М4 «Дон», Р22 «Каспий» и М5 «Урал», обеспечивая бесперебойное транспортное обслуживание на протяженности всех доступных транспортных коридоров от Санкт-Петербурга до Владивостока. Система АГНКС продолжает свое активное развитие. До 2030 г. планируется запустить еще 129 станций.

Одно из главных преимуществ газомоторного топлива является экономичность, что характеризует высокую значимость мероприятий по переходу на газомоторное топливо в контексте результативности СМК. Так, по расчетам специалистов ООО «Газпром газомоторное топливо» экономия от использования КПП составляет от 800 тыс. руб. до 1,5 млн руб. (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Расчет экономии от использования газомоторного топлива в транспортном обслуживании [27]

Показатель	Дизель	Газодизель (ДТ / КПП)	Моногазовый (КПП)
Запас хода на одной заправке, км	1300	700	750
Цена топлива, руб.	62	62/22	22
Расход топлива на 100 км (л./куб.м.)	32	19/13	42
Затраты в месяц, руб.	257 920	190 320	120 110
Затраты в год, руб.	3 095 040	2 283 840	1 441 400
Экономия в год, руб.		811220	1 653 600

Помимо прочего оптимизация затрат на топливо в рамках решения задач СМК имеет существенное значение для обрабатывающей промышленности, так как доля затрат на топливо в этих отраслях составляет существенную величину, что позволяет получить значимый экономический эффект от данного мероприятия.

Согласно данным Росстата доля топлива в структуре совокупных затрат обрабатывающих отраслей промышленности составляет 1,8-2,3% (рисунок 1.14).

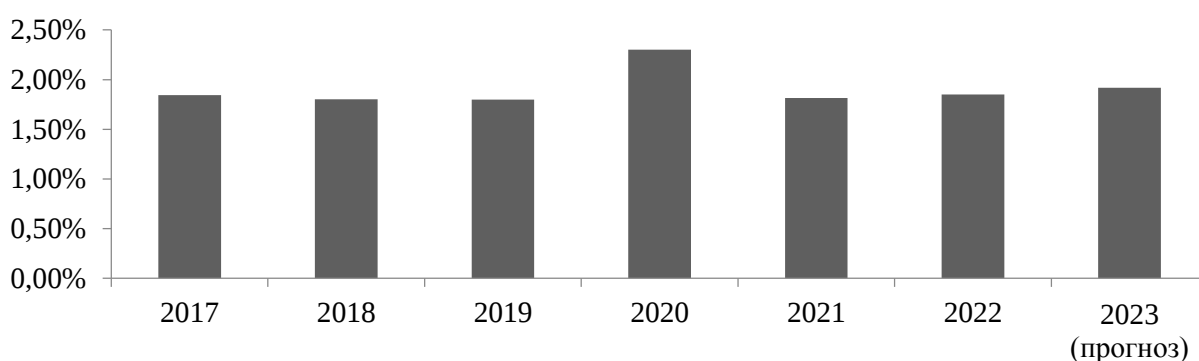


Рисунок 1.14 – Динамика доли затрат на топливо в структуре совокупных затрат обрабатывающих производств (составлено автором на основе [86])

Следует обратить внимание на рост удельного веса затрат на транспорт в 2020г., который сопровождал снижение объемов перевозок при росте объема

отгрузок, что свидетельствует о снижении эффективности перевозочного процесса и отражает резервы роста эффективности в контексте управления затратами на организацию транспортного обеспечения производственной системы.

Такая ситуация сопровождалась ростом объема транспортных средств в структуре основных средств предприятий обрабатывающих производств (рисунок 1.15).

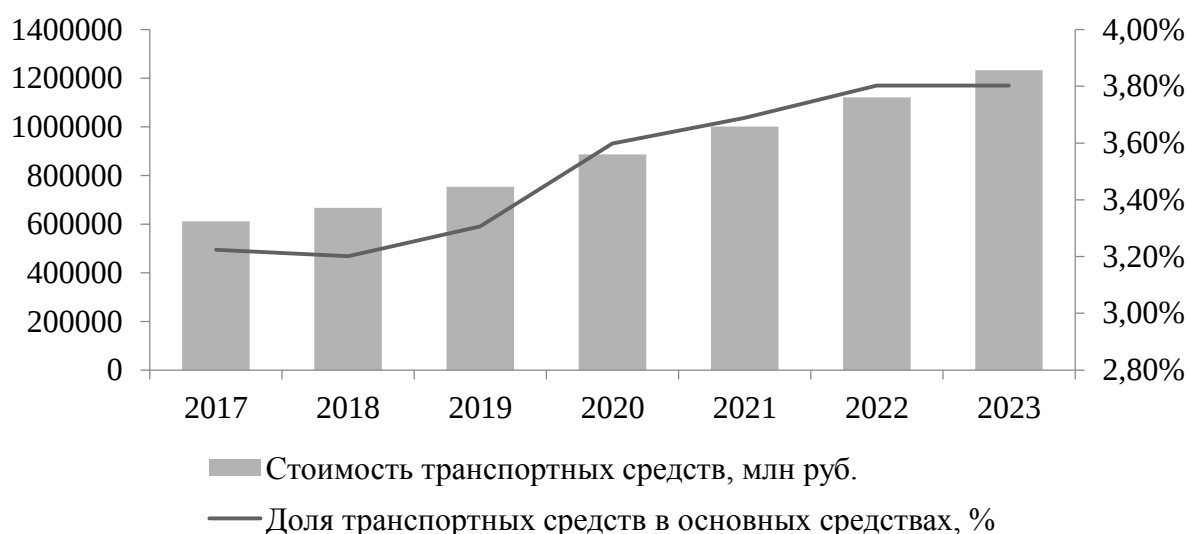


Рисунок 1.15 – Транспортные средства в структуре основных фондов предприятий обрабатывающих производств (составлено автором на основе [91])

Вместе с этим наблюдается устойчивый рост стоимости транспортных средств: в 2018г. – на 9,03%, в 2019 г. – на 13,09%, в 2020г. – 17,75%, в 2021г. – на 12,81%, в 2022 г. – на 11,98%, что характеризует значимость данного элемента средств производства в производственном процессе. Рост стоимости транспортных средств обуславливает рост амортизации, а, следовательно, величины себестоимости. В этой ситуации эффективным инструментом оптимизации затрат такого плана является встраивание инструментов управления эффективностью транспортных процессов в СМК предприятия.

Наряду с величиной амортизации эффективность производственных процессов и себестоимость их организации определяет величину затрат на топливо, что составляет значимую часть совокупных затрат обрабатывающих производств и, следовательно, рост себестоимости производства. В этой ситуации сокращение затрат на топливо за счет внедрения в транспортный процесс газомоторного топлива позволит существенно снизить текущие производственные затраты, а инвестиционные затраты от реализации данного проекта окупятся за счет данной экономии.

1.3 Современные практики управления обслуживающими подсистемами предприятий и регламентирующие ресурсосбережение стандарты

Повышение требований к качеству природного газа, транспортируемого и используемого в промышленных и бытовых целях, заметно усилило роль аналитической лаборатории в производственном процессе, поскольку, если результаты анализов, определяющие качество продукции, зависят от всей работы газотранспортного предприятия в целом, то качество и достоверность самих результатов анализа определяется работой лаборатории. Основа доверия потребителей к приобретаемой продукции обеспечивается достоверностью подтверждения соответствия продукции, установленной в требованиях технических регламентов и стандартов.

Изучение каталога национальных стандартов позволило нам выделить основные национальные и межгосударственные стандарты, регламентирующие процессы ресурсосбережения в российской экономике в целом и использование альтернативных источников энергии:

- ГОСТ 30167–2014 Ресурсосбережение. Порядок установления показателей ресурсосбережения в документации на продукцию;
- ГОСТ Р 54531–2011 Нетрадиционные технологии. Возобновляемые и альтернативные источники энергии;

- ГОСТ Р 57433–2017 Использование природного газа в качестве моторного топлива. Термины и определения;
- ГОСТ Р 70089-2022 Ресурсосбережение. Общие подходы к реализации принципов экономики замкнутого цикла на предприятиях;
- ГОСТ Р ИСО 50001-2023 Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению.

Основными требованиями ресурсосбережения, согласно ГОСТ 30167–2014, являются требования ресурсосодержания, ресурсоемкости, ресурсоэкономичности и утилизируемости. Расход материальных ресурсов при производстве продукции и возможные потери (отходы) определены требованиями ресурсоемкости. Стандарт оговаривает, что объектами стандартизации требований ресурсосбережения являются все виды деятельности: добыча, переработка, транспортирование, хранение, распределение, потребление материальных ресурсов и т.д. Вместе с тем, рекомендуя мониторить и анализировать расход энергоресурсов при изготовлении продукции, ГОСТ не разделяет процессы производства на основные, вспомогательные и обслуживающие и не дает указаний по раздельному учету ресурсов.

ГОСТ Р 54531–2011 в качестве альтернативных источников энергии определяет в том числе и возобновляемые и невозобновляемые источники, использование энергии которых приобретает хозяйственную значимость. Полагаем, что к данной группе энергии можно отнести природный газ, потребление которого при современном уровне развития добывающей и топливно-энергетической отрасли, является актуальным и целесообразным с точки зрения ресурсосбережения. Однако, прямой терминологии об альтернативном моторном топливе стандарт не определяет. Термины и определения использования природного газа в качестве моторного топлива обозначает ГОСТ Р 57433–2017, которым и руководствуются потребители компримированного природного газа.

Относительно новым стандартом в части ресурсосбережения является ГОСТ Р 70089-2022, где описана специфика взаимосвязи экономики замкнутого цикла со стратегией ресурсосбережения и бережливого производства. Это общие положения и подходы к организации замкнутых систем в различных секторах и их применение. Аналогично ГОСТ Р ИСО 50001-2023 описывает требования к организации системы энергетического менеджмента организации. При этом в указанных стандартах не только не отражена реализация процессного подхода в управлении энергетической эффективностью, но и не раскрываются особенности функционирования энергетического менеджмента в управлении взаимосвязью основных и обслуживающих подсистем предприятия. Данное обстоятельство представляется достаточно важным в силу значимых различий в управлении обслуживающими подсистемами предприятия.

Таким образом, полагаем, что серия стандартов о ресурсосбережении может быть дополнена рекомендациями по организации обслуживающих подсистем с позиции ресурсосбережения. Возможна разработка локальных отраслевых стандартов об организации газозаправочной инфраструктуры промышленных предприятий и порядке использования газомоторного топлива.

Применение рассмотренных стандартов ресурсосбережения ориентировано на управление фактами и результатами деятельности организации. В связи с этим в практике управления обслуживающими подсистемами предприятия актуальной задачей становится выделение целевых результирующих показателей качества в их взаимосвязи с показателями ресурсоемкости процессов. Однако в существующих научных работах представлены показатели качества транспортного обслуживания, но не выделены критерии ресурсоэффективности. Так в работе А.А. Алферовой [5] выделяют два уровня показателей: макроуровень – показатели общего уровня качества транспортного обслуживания, которые используются для процедур планирования и прогнозирования развития транспортной подсистемы, и микроуровень, показатели которого применяются для оценки уровня

удовлетворенности пользователей транспортного процесса (рисунок 1.16). Однако очевидно, что достижение одних и тех же показателей качества возможно при различном объеме используемых ресурсов, в том числе энергетических, возникает риск неоптимальности организации процесса. Отсюда необходимость дополнения данной системы показателей критериями ресурсоемкости.

На рисунке 1.16 представлены взаимосвязи показателей ресурсоэффективности и предложенных показателей качества транспортной подсистемы.

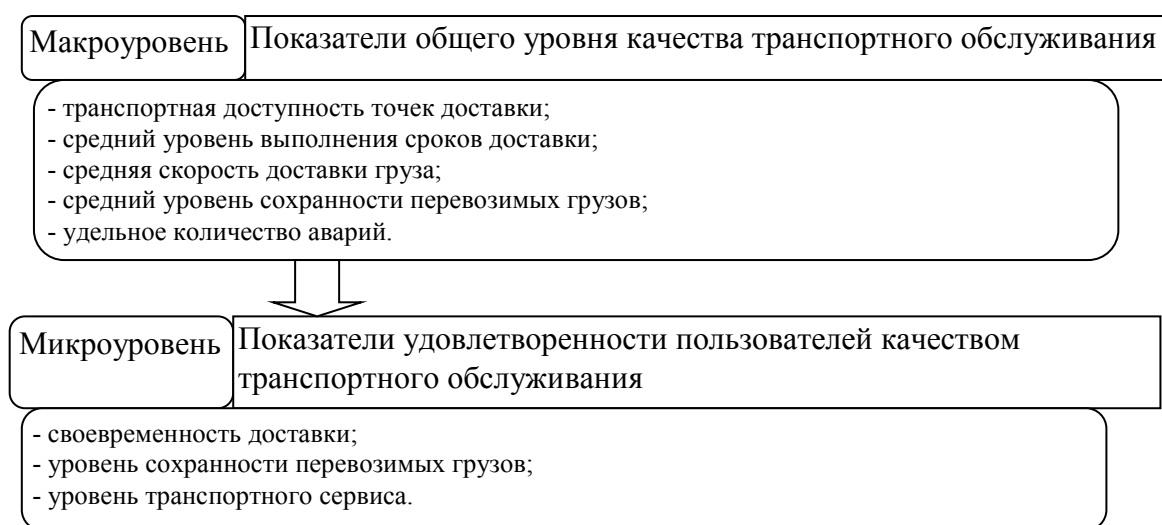


Рисунок 1.16 – Система показателей качества транспортного обслуживания [5]

На основе разработанной энергетической политики, утвержденных энергетических базисов и плановых энергетических результатов определяются критерии общего уровня качества транспортного обслуживания, на основе которых определяется доступный уровень удовлетворенности пользователей. В соответствии с реализацией цикла PDCA с целью улучшения ресурсосбережения определяются новые энергетические базисы и т.д., цикл повторяется, способствуя не только улучшению качества функционирования обслуживающей подсистемы, но и совершенствованию системы ресурсосбережения предприятия.

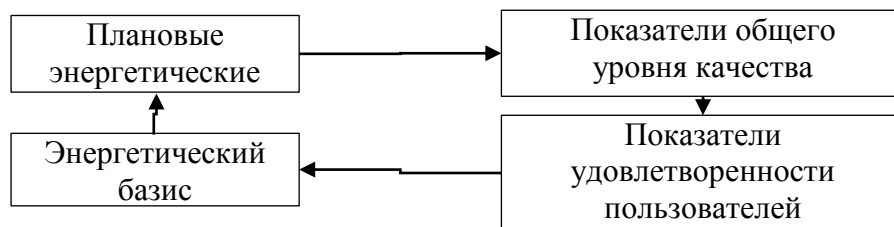


Рисунок 1.17 – Взаимосвязь показателей качества транспортного обслуживания и показателей энергоэффективности (составлено автором)

Аналогично А.А. Алферовой Лавров И.М. также предлагает выделить следующие общие и потребительские параметры качества транспортного обслуживания, назвав их производственными и потребительскими (рисунок 1.18).



Рисунок 1.18 – Система показателей качества транспортных процессов [55]

В данной системе показателей предлагается в рамках оценки производственных элементов качества обслуживающей подсистемы выделять технический компонент, который в значительной степени определяется параметрами ресурсоемкости. В то же время автор также не выделяет

параметры ресурсоемкости для обеспечения установленного технического уровня подсистемы.

Зависимый характер формирования параметров качества транспортной подсистемы Лавров И.М. учитывает в рамках предлагаемого алгоритма управления качеством транспортного обслуживания (рисунок 1.19).



Рисунок 1.19 – Алгоритм управления качеством транспортного обслуживания грузовладельцев [55]

Представленный алгоритм базируется на применении значительного числа экономико-математических методов и моделей и предполагает комплексный анализ структуры перевозочного процесса и гармонизации его элементов для целей повышения качества транспортного обслуживания. Результатом такого алгоритма становится математическая модель управления качеством транспортного процесса, ориентированная на достижение критериев результативности в их взаимосвязи, а также с учетом влияния отдельных субъектов транспортного процесса на их формирование. Вместе с тем

представленный алгоритм упрощает функционирование обслуживающей транспортной подсистемы до параметров цены и структуры перевозочного процесса, в то время как для предприятий, реализующих транспортное обслуживание без привлечения внешних агентов для обеспечения основных процессов, важным становится ресурсоэффективность. В этой связи актуальной задачей становится построение производственной функции в контексте использования в данной подсистеме ресурсов.

Феномен взаимосвязи транспортной подсистемы с другими производственными подсистемами раскрывается в работе Коробкова М.Н., где предлагается учитывать интегрированный характер транспортного процесса, который включает гармоничное функционирование множества элементов [53] (рисунок 1.20).

Автор модели в качестве основы построения системы управления качеством процесса транспортного обслуживания использовал процессный и системный подходы. «Применение процессного подхода обеспечивает «непрерывность управления» на стыке между отдельными процессами в рамках системы процессов, а также при их комбинации и взаимодействии. Практика показывает, что именно на стыках процессов разного типа формируется основной объем потерь качества. Системный подход к управлению качеством портового обслуживания тесно связан с процессным подходом, поскольку ориентирован на обеспечение совместимости и координации всех процессов с четким определением их взаимосвязей» [53].

Автор предлагает следующую трактовку понятия интегрированного технологического процесса, «под которым предлагается понимать сквозной процесс выполнения операций по перевалке грузов участниками, имеющими различную функциональную подчиненность, основанный на интеграции участников в едином информационном пространстве при строгом соблюдении технологической дисциплины в ходе выполнения операций» [53].



Рисунок 1.20 – Концептуальная модель повышения качества транспортного обслуживания (адаптировано по [53])

В этой связи прогнозирование и планирование ресурсоэффективности функционирования обслуживающей подсистемы рассматривается в контексте взаимного влияния параметров ресурсоэффективности основных и обслуживающих процессов. То есть изменение параметров ресурсоэффективности основных процессов влияет на параметры качества транспортного процесса, и наоборот, изменение ресурсоэффективности транспортной подсистемы оказывает непосредственное воздействие на основные производственные процессы, что определяет необходимость их гармонического планирования и управления.

В этой связи в рамках разработки интегрированного технологического процесса (ИТП) Коробкова М.Н. предлагает следующий алгоритм (рисунок 1.21).

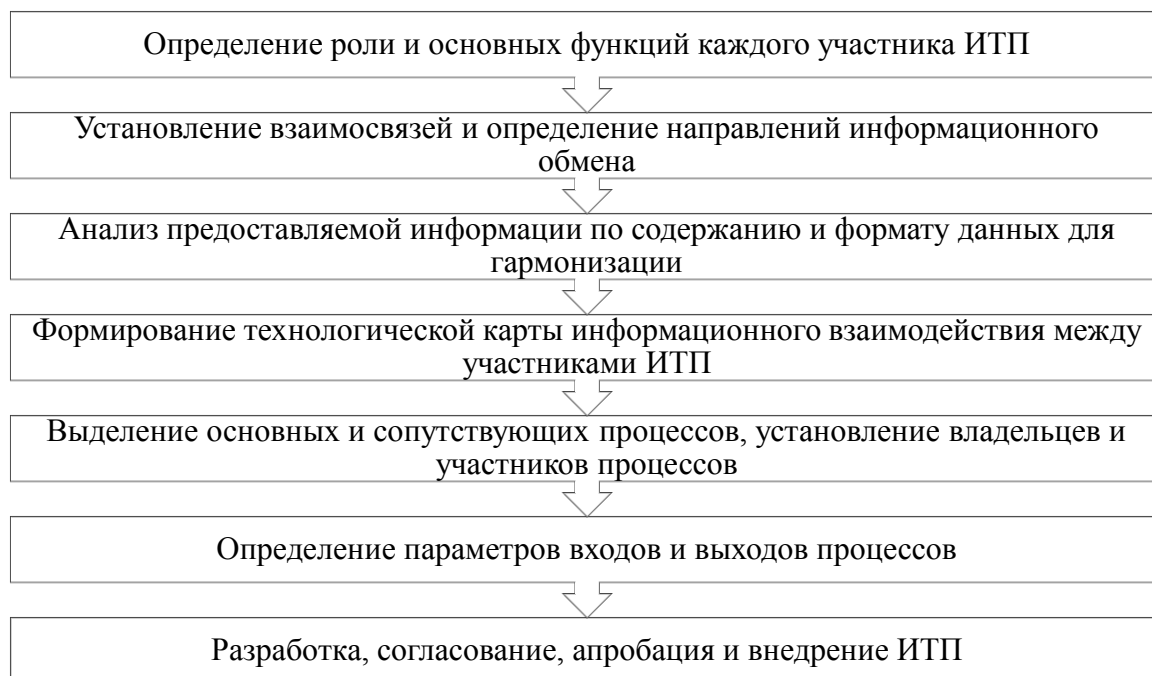


Рисунок 1.21 – Последовательность этапов реализации интегрированного технологического процесса [53]

Данный алгоритм реализует процессный подход в рамках формирования СМК транспортного обслуживания и позволяет сформировать единую организационно-информационную систему управления, позволяющую оперативно не только реализовывать управленческие решения, но и выявлять возникающие отклонения и их причины. В этом контексте системный подход позволяет существенно повысить прозрачность и управляемость СМК транспортного обслуживания, кроме того становится возможным рассматривать в целом транспортный процесс в рамках единого производственного процесса, оценивать его роль и влияние на параметры ресурсоэффективности.

Формирование системы управления качеством транспортного процесса базируется на применении принципов системности и процессного подхода.

Формируя единую систему транспортного обеспечения перевозочный процесс играет важную роль в повышении качества производственного процесса в целом. В то же время принцип системности предполагает рассматривать транспортный процесс в контексте единого производственного процесса, влияющего на общую ресурсоэффективность системы. Управление интегрированным технологическим процессом и гармонизация планирования и управления параметрами ресурсоэффективности и качества транспортного обслуживания позволяет достигать высокого уровня конкурентоспособности и устойчивого развития в свете постоянного ужесточения требований к экологичности и энергоэффективности.

ВЫВОДЫ ПО ПЕРВОЙ ГЛАВЕ

В результате исследования проблем организации перевода обеспечивающей подсистемы промышленного предприятия на газомоторное топливо в контексте обеспечения ресурсоэффективности системы менеджмента качества получены следующие выводы:

1. Формирование критериев качества СМК реализуется в тесном взаимодействии основных и обеспечивающих процессов. В рамках формирования общего подхода к управлению качеством в производственных системах в контексте концепции устойчивого развития обозначена взаимосвязь руководства на результат, удовлетворенности потребностей заинтересованных сторон, экономическая и экологическая эффективность.

2. Процессный подход, лежащий в основе системы управления качеством позволяет не только комплексно оценивать результативность системы, но и обеспечивать управление качеством, ориентированное на оценку результативности основных и вспомогательных процессов.

3. Транспорт играет значимую роль в функционировании производственной системе предприятия, в настоящее время наблюдается устойчивая тенденция роста объема грузоперевозок, как за счет достижений

технико-технологической составляющей транспортного процесса, так и за счет изменения подходов к организации производства. Большая гибкость размещения производственных объектов за счет повышения мобильности потоков позволяет оптимизировать производственный процесс снизив его стоимость и повысив производительность системы.

4. Автомобильный транспорт в организации производственного процесса играет важную роль в силу его высокой гибкости как в части маршрутов передвижения, так и в части объемов перевозки, в отличие от железнодорожного транспорта. Поэтому целесообразно рассмотреть направления развития организации транспортного процесса в контексте влияния цен на топливо. Решением данной проблемы может стать внедрение газомоторного топлива в процессы транспортного обеспечения производственного процесса.

5. Транспортный процесс включает множество взаимосвязанных процессов, от эффективности которых зависит конечный уровень качества транспортного обслуживания для потребителей. И именно управление интегрированным транспортным процессом становится ключевой задачей СМК. Недостаточный учет параметров ресурсоэффективности в структуре показателей качества транспортного обслуживания приводит к неоптимальности управленческих решений по его организации. В связи с этим выстраивание критериев системы СМК обслуживающей подсистемы целесообразно дополнять параметрами ресурсоэффективности, помимо прочего обеспечивая выполнение существующих стандартов ресурсосбережения.

2 КОНЦЕПЦИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ МОДЕЛИ ТРАНСПОРТНОЙ ПОДСИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

2.1 Идея организации транспортных подсистем производства и метрологического обеспечения процессов распределения газомоторного топлива

Высокий уровень обеспеченности газом отраслей промышленности выступает как катализатор его применения в качестве моторного топлива. Одним из способов повышения ресурсоэффективности обслуживающих подсистем промышленных предприятий является использование природного газа в качестве моторного топлива. Соответственно, в числе ключевых задач перед производствами определены эксплуатация транспортных средств на газомоторном топливе, перевод транспорта на природный газ, развитие газозаправочной инфраструктуры и другие. При этом эксплуатация транспортных подсистем промышленных предприятий на основе использования компримированного природного газа сопровождается проблемой обеспечения должного качества его распределения на узлах учета.

С развитием практики перехода производственного транспорта на газомоторное топливо становится актуальным вопрос учета отпускаемого газа. Измерение расхода и количества потребляемого природного газа как энергоресурса обслуживающих производств, согласно Постановлению Правительства РФ от 16.11.2020 г. № 1847, входит в сферу государственного регулирования по обеспечению единства измерений, подразумевает выполнение необходимого объема работ по метрологическому обеспечению узлов учета газа.

Основными преимуществами применения природного газа в качестве моторного топлива на промышленных предприятиях являются, во-первых, масштабная ресурсная база запасов газа в России. Во-вторых, промышленные предприятия имеют на близлежащей территории или в незначительном

отдалении сеть магистральных и распределительных газопроводов. В-третьих, эффект ресурсосбережения от перехода на газомоторное топливо достигается за счет 2-2,5 кратного снижения стоимости топлива. Окупаемость затрат на переоборудование автомобиля в газовое исполнение происходит при пробеге от 20 тыс. км. Эффективность переоборудования повышается, если на маршруте движения газобаллонного автомобиля или вблизи его стоянки расположена газозаправочная станция, т.е. исключаются или сокращаются до минимума «холостые пробеги». К моменту списания транспортного средства по причине выработки эксплуатационных характеристик при пробегах от 150 тыс. км. величина сэкономленных денежных средств, за счет разницы цен между газовым и нефтяными видами топлива, может достигать стоимости нового транспортного средства. В-четвертых, при использовании природного газа минимизируется отрицательное воздействие на окружающую среду продуктов сгорания. В-пятых, увеличивается до 30% ресурс работы двигателя, по сравнению с бензиновым и дизельным топливом.

Обеспечение эффективного транспортного процесса оказывает решающее влияние на формирование себестоимости готовой продукции, в связи с чем в рамках решения задач организации обслуживающего производства достигается максимальный ресурсосберегающий эффект. Транспортный процесс включает множество взаимосвязанных подпроцессов, от эффективности которых зависит конечный уровень качества транспортного обслуживания для потребителей. И именно управление интегрированным транспортным процессом становится ключевой задачей системы менеджмента качества. При этом в рамках использования инструментов оценки эффективности взаимодействия ключевым фактором выступает затратный компонент [23]. В этой связи целесообразно рассмотреть направления организации транспортного процесса в части выбора и стоимости моторного топлива, расхода топливно-энергетических ресурсов и наличия соответствующей заправочной инфраструктуры.

При реализации цели ресурсосбережения производства необходимо учитывать все возможные варианты сокращения использования материальных

ресурсов. Модернизация основного производства, внедрение ресурсосберегающих технологий изготовления продукции, реализация технологических и организационных решений должны охватывать все производственные подсистемы. Решением проблемы повышения ресурсной эффективности транспортной подсистемы предприятия может стать использование природного газа в качестве моторного топлива [100].

Промышленные организации Группы Газпром активно осуществляют переход транспортной подсистемы предприятий на газомоторное топливо [102]. Доля автотранспорта предприятий группы, работающего на сжатом природном газе, составляет более 60%. Предприятия как закупают транспортные средства с газовым оборудованием, так и производят ремоторизацию имеющихся автомобилей. В год в среднем одним предприятием ПАО «Газпром» для производственных нужд планируется приобретение 36 автомобилей с газовым оборудованием (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Показатели эксплуатации промышленного транспорта по группе предприятий ПАО «Газпром» (составлено автором по [48])

Показатели эксплуатации промышленного транспорта	2022 год
Количество автотранспортных средств на газомоторном топливе, единиц в среднем на одно предприятие	495,9
Доля автотранспортных средств на газомоторном топливе в структуре автопарка, %	60,8
Закупка автотранспортных средств на газомоторном топливе, единиц в среднем на одно предприятие	36,1
Затраты на закупку автотранспортных средств на газомоторном топливе, млн. руб. в среднем на одно предприятие	260,7
Итого затрат на закупку автотранспортных средств на газомоторном топливе и ремоторизацию автомобилей, млн. руб. в среднем на одно предприятие	294,3
Стоимость сжатого природного газа, руб. за куб. м	20,75
Стоимость моторного топлива Бензин Р-92, руб. за л	45,89
Потребление газомоторного топлива, тыс. куб. м/т в среднем на одно предприятие	2984,0
Потребление жидкого моторного топлива, тыс. л в среднем на	3495,5

Показатели эксплуатации промышленного транспорта	2022 год
одно предприятие	
Объем затрат на приобретение постов выпуска газа в 2023–2025 гг., млн. руб. в среднем на одно предприятие	7,3
Ресурсная эффективность транспортных подсистем за счет замещения бензинового топлива природным газом, млн. руб. в среднем на одно предприятие	59,6

К парку средств производственного транспорта, работающего на жидком моторном топливе (дизельное топливо, бензин), относится безрельсовый автотранспорт, специальный технологический транспорт, а также отдельные подъемно-транспортные механизмы. Эффект ресурсосбережения от перехода транспортной подсистемы предприятия на газомоторное топливо достигается за счет двух кратного снижения стоимости топлива: цена компримированного природного газа за кубометр составляет в среднем по оценкам предприятий 20,75 рубля против 45,89 рублей за литр бензина Р-92. При этом, окупаемость затрат на ремоторизацию автомобиля происходит при пробеге от 20 тыс. км. К моменту списания транспортного средства по причине выработки эксплуатационных характеристик при пробегах от 150 тыс. км. величина сэкономленных денежных средств, за счет разницы цен между газовым и нефтяными видами топлива, может достигать стоимости нового транспортного средства [101].

Исследовано 30 промышленных предприятий Группы Газпром, имеющих собственные автопарки для производственных нужд. По данным программы по расширению использования природного газа в качестве моторного топлива на транспорте организаций Группы Газпром на 2023-2025 годы выявлено, что в 14 из 30 предприятий прогноз потребления газомоторного топлива в 2024 году превышает потребление жидкого бензинового и дизельного топлива (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Потребление газомоторного и жидкого моторного топлива в организациях Группы Газпром в 2023 году

В этой связи, нами 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. При реализации цели ресурсосбережения производства необходимо учитывать все возможные варианты сокращения использования материальных ресурсов. Модернизация основного производства, внедрение ресурсосберегающих технологий изготовления продукции, реализация технологических и организационных решений должны охватывать все производственные подсистемы.

Обслуживающие цеха и хозяйства предприятия обслуживают основные и вспомогательные цеха: складское хозяйство, транспортное хозяйство (транспортные, погрузочно-разгрузочные средства, гараж, ремонтные мастерские), санитарно-техническое хозяйство (водопроводные, канализационные, вентиляционные, отопительные устройства) (рис. 2.2).

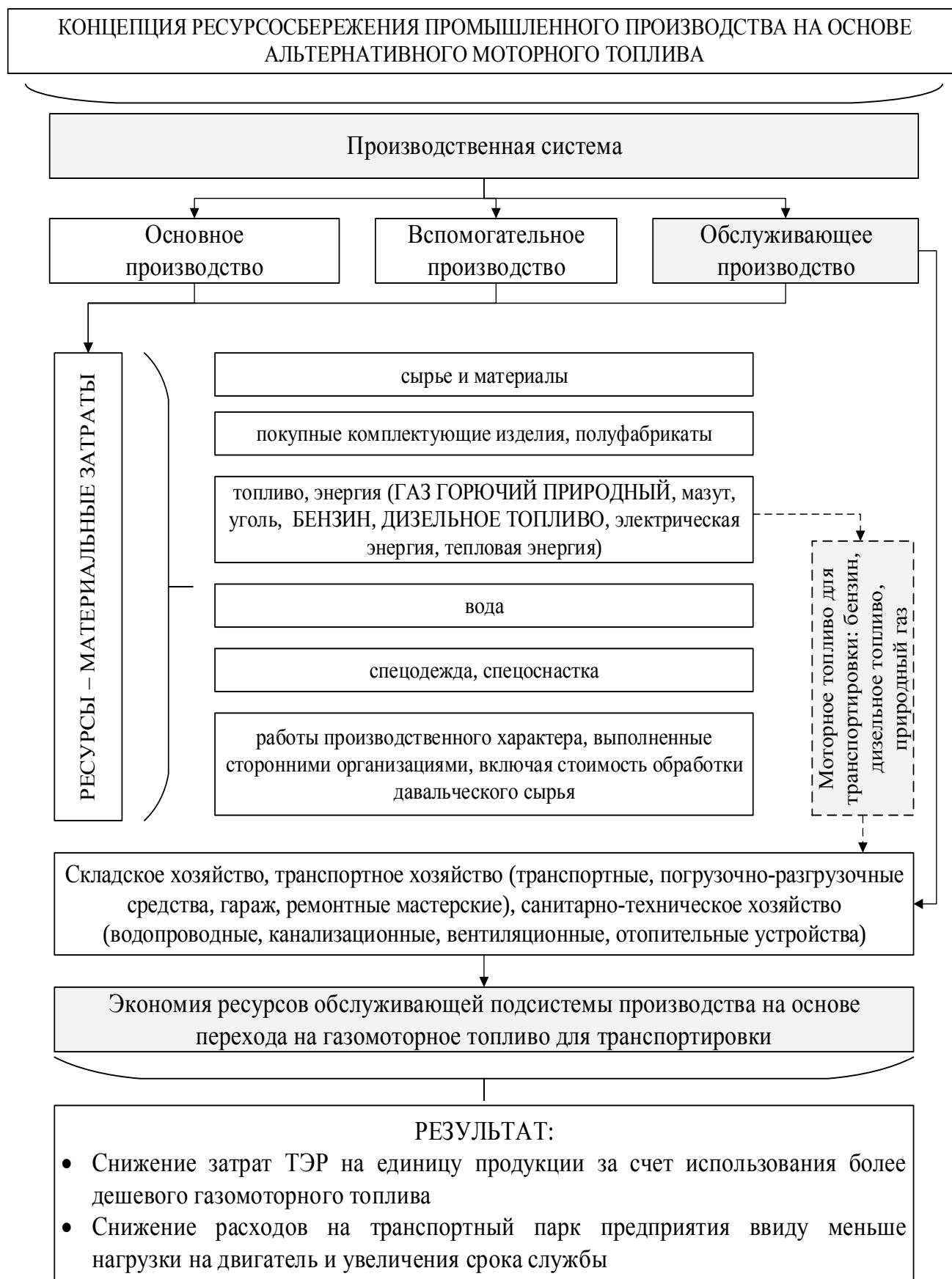


Рисунок 2.2 – Модель повышения ресурсоэффективности производства на основе перевода обслуживающей подсистемы на газомоторное топливо (составлено автором)

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.

Однако проблематика распределения компримированного природного газа на узлах учета является одной из актуальнейших направлений для исследования в условиях внедрения технологий ресурсосбережения, повышения ресурсоэффективности процессов производства и распределения энергоресурсов, повышения производительности труда и оборудования, перехода к замкнутым производственным системам. Неоднократно в трудах российских ученых обоснована эффективность с экологической и экономической точек зрения от использования компримированного природного газа в качестве моторного топлива [33,47,56,61,83].

Так, в работе под руководством А.В. Захарина авторами на основе разработанной программы расчета эффективности перехода дизельных энергетических установок к газодизельному формату функционирования доказана эффективность перехода технических устройств и оборудования на газомоторное топливо. Авторские расчеты показали, что целесообразно на основе алгоритмов с учетом режимов функционирования техники определять параметры снабжения газодизельной техники компримированным природным газом, решая при этом комплексные задачи экологического, логистического и экономического характера, сокращая издержки эксплуатационного характера, которые связаны с вопросами снабжения и складирования компримированного природного газа [46].

Компримированный природный газ занимают одну из ключевых позиций в структуре российского промышленного комплекса, что ставит во главу угла вопрос достижения единых подходов, стандартов и методик измерения его расходования на промышленных предприятиях, в транспортных системах, транспорте. Кроме того, с позиции технологического процесса предприятий, осуществляющих добычу, транспортировку, переработку и распределение

компримированного природного газа формируется необходимость соблюдения единых требований к измерению его параметров, что позволит получить достоверные результаты измерений по расходу и объему компримированного природного газа. 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 в отраслях промышленности.

Измерение расхода природного газа состоит из двух элементов:

- измерение параметров потока природного газа, что позволяет провести на их основе расчет расхода природного газа;
- данные о свойствах веществ природного газа, включая их плотность в зависимости от физико-химических параметров измерений, например, температуры, давления и т.п.

Таким образом, можно заключить, что получение достоверных и точных расчетов компримированного природного газа становится возможным благодаря применению средств измерений, имеющие метрологические параметры, в том числе достоверные данные о физико-химическом составе измеряемых веществ и компонентов, которые фиксируются в стандартных справочных данных, разработанные на основе методик их получения – Государственная служба стандартных справочных данных физических констант свойств веществ и материалов. Указанные методики для достижения единства измерений включаются в программное обеспечение средств измерений.

Метрологическое обеспечение процессов распределения компримированного природного газа на узлах учета включает следующие элементы:

- методы и средства проведения измерений, обеспечивающие получение единства и определенной точности измерений объема и физико-химических характеристик компримированного природного газа;

- методы и средства для проведения проверки и калибровки средств измерений;

- установленный нормативы, правила, государственные стандарты, технические регламенты и иные нормативно-правовые акты, методические указания по проведению измерений, предписывающие требования к проведению измерений расхода компримированного природного газа, а также его объема и физико-химических характеристик;

- программное обеспечение и технические средства, используемые для автоматизированного сбора данных о потреблении компримированного природного газа.

Основная задача при измерении компримированного природного газа – это достижение достоверности измерений и сведение баланса. Суть балансового метода сводится к тому, что замеры на узлах учета у поставщика компримированного природного газа и его величина, доставленная потребителю, должны быть идентичными. Но измерение данных величин – на входе и на выходе процесса доставки, как правило, осуществляется в разных условиях (разная температура, давление, плотность газа и др. характеристики). Решением указанной проблемы является использование единого стандартного условия, соответствующего ГОСТ 2939-63 «Газы. Условия для определения объема» [34]. Кроме того, измерения должны быть проведены с соблюдением всех требований по достижению единства измерений.

Однако, принимая во внимание большой объем распределяемого компримированного природного газа, так или иначе образуется погрешность при его измерении на узлах учета у поставщиков и потребителей компримированного природного газа. В этой связи стандартами регламентируются величины предельной допустимой относительной погрешности измерения компримированного природного газа в стандартных условиях [66,84,102].

Предельные значения допускаемой относительной погрешности измерений объемов компримированного природного газа, приведенных в

стандартных условиях для различных типов средств измерения отражены в таблице (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Предельные значения допускаемой относительной погрешности измерений объемов компримированного природного газа, приведенных в стандартных условиях для различных типов средств измерения [52]

Тип узла измерений в зависимости от расхода (рабочий расход, м ³ /ч)	Пределы допускаемых относительных погрешностей измерений объема компримированного природного газа, %			
	МИ 3082-2007	Приказ № 179	СТО 5.32-2009	
			ГРС (между ПАО Газпром и независимыми поставщиками)	ГРС (для потребителей)
I (более 6000)	1,0	1,5	0,8	1,5
II (более 1200 до 6000 включительно)	1,5	2,5	0,8	1,5
III (более 60 до 1200 включительно)	2,5	3,0	0,8	2,0
IV (до 60 включительно)	3,0-4,0	4,0	0,8	2,0

Проведение измерений компримированного природного газа на узлах учета осуществляется на основе утвержденных в государственных стандартах методов измерений (методики измерений газа).

Можно выделить три основных крупных группы методов измерений расхода и объема компримированного природного газа:

1) измерение объемных параметров компримированного природного газа с помощью средств измерений в исходных условиях с последующей конвертацией к стандартным условиям;

2) измерение с применением переменного перепада давления;

3) измерение массы сжатого природного газа с применением средств измерения массового расхода газа с последующей конвертацией расходного объема к стандартным условиям.

Для каждого метода измерений установлена величина предела допускаемых относительных погрешностей, принцип работы средств измерения и необходимые параметры для расчета (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Принцип работы средств измерения, необходимые параметры для расчета объема газа и величина предела допускаемых относительных погрешностей (обобщено автором)

Метод измерения		Принцип работы средств измерения	Параметры для расчета объема газа	Величина предела допускаемых относительных погрешностей, %
Прямого измерения объема	диафрагменные	Движение перегородок камер измерительных приборов под давлением измеряемого газа	Перепад давления (Па), абсолютное давление газа в рабочих условиях (Па), температура газа в рабочих условиях (°C), плотность газа в стандартных условиях (кг/м ³), молярные доли азота и диоксида углерода в природном газе (%)	1,5-3,0
	ротационные	Вращение двух соосно расположенных роторов под воздействием поступающего газа		1,0-2,0
Косвенного измерения объема	турбинные	Вращение турбинного колеса под воздействием потока измеряемого газа	плотность газа в рабочих	1,0-2,0

Метод измерения		Принцип работы средств измерения	Параметры для расчета объема газа	Величина предела допускаемых относительных погрешностей, %
		при скорости, пропорциональной объему расхода измеряемого газа	условиях (кг/м^3), абсолютное давление газа в рабочих условиях (Па), температура газа в рабочих условиях ($^{\circ}\text{C}$), плотность газа в стандартных условиях (кг/м^3), молярные доли азота и диоксида углерода в природном газе (%)	
	вихревые	Использует принцип взаимозависимости частоты образования и срыва вихрей, которые образуются при обтекании тел, помещенных в потоке под воздействием расхода измеряемого газа		1,0-2,5
	ультразвуковые	Использует принцип взаимосвязи периода времени распространения ультразвуковых колебаний через поток измеряемого газа в трубопроводе определенного диаметра		1,6-2,5
	струйные	Замер частоты переключения струйного генератора со скоростью, пропорциональной расходу газа		1,5-3,0
Косвенного измерения переменного перепада давления	сужающие устройства	Использует принцип взаимозависимости перепада давления, создаваемого устройством трубопроводе от расхода измеряемого газа	Перепад давления (Па), абсолютное давление газа в рабочих условиях (Па), температура газа в рабочих условиях ($^{\circ}\text{C}$), плотность газа в стандартных	1,0-2,0
	осредняющая напорная трубка			1,0-2,0

Метод измерения		Принцип работы средств измерения	Параметры для расчета объема газа	Величина предела допускаемых относительных погрешностей, %
			условиях ($\text{кг}/\text{м}^3$), молярные доли азота и диоксида углерода в природном газе (%)	
Косвенного измерения массы	тирмоанемометрические	Использует принцип эффекта термической диффузии и зависимости массового расхода от изменения температуры при прохождении потока	Массовый расход газа ($\text{кг}/\text{с}$), масса газа (кг), плотность газа в стандартных условиях ($\text{кг}/\text{м}^3$)	1,5-2,5
	кориолисовые	Замер ускорения, передаваемого потоку измеряемого газа колеблющимся трубопроводом и связанного с массовым расходом газа		1,0-2,0

Обеспечение достоверности и точности расчетов компримированного природного газа в узлах учета по его расходу и количеству нужно иметь актуальные соответствующие данные о теплофизических свойствах его отдельных компонент, а также смеси составляющих его компонент, включая такие смеси, как:

- углеводороды ряда метана;
- неуглеродные компоненты азота;
- воды;
- азота;
- меркаптанов;
- ртути;
- инертных газов.

Используя требования по методам учета компримированного природного газа для каждого средства измерения утверждены нормативно-технические требования, методики измерений, рекомендации метрологии, например, ГОСТ 8.586.1-5-2005, ГОСТ 8.611-2013, ГОСТ Р 8.770-2011, МИ 2667-2011 [35,36,37,38,39,65] и др.

Для системы газоснабжения и учета компримированного природного газа наиболее распространен метод измерения его объема и физико-химических характеристик с использованием средств измерений в рабочих условиях с дальнейшей конвертацией в стандартные условия (диафрагменные, ротационные, турбинные, ультразвуковые). Это обосновано рядом причин:

- достижение высокой точности получаемых измерений, когда относительная погрешность измерений не превышает 2%;
- высокий уровень надежности с метрологической и технической точек зрения расходомера-счетчика компримированного природного газа;
- непрерывное совершенствование и обновление конструкций расходомера-счетчика компримированного природного газа, обусловленное изменением требований к его эксплуатации, что фиксируется в нормативных актах;
- высокий уровень стабильности показаний, что увеличивает период его межпроверочного использования, в среднем от 5 до 10 лет;
- низкая чувствительность к изменению состава компримированного природного газа;
- стабильность коэффициента преобразования;
- длинный динамический ряд проведенных измерений (от 1:30 до 1:250);
- возможность использования прямых участков трубопроводов малой длины, которые необходимы для установки расходомера-счетчика компримированного природного газа;
- быстрота действия.

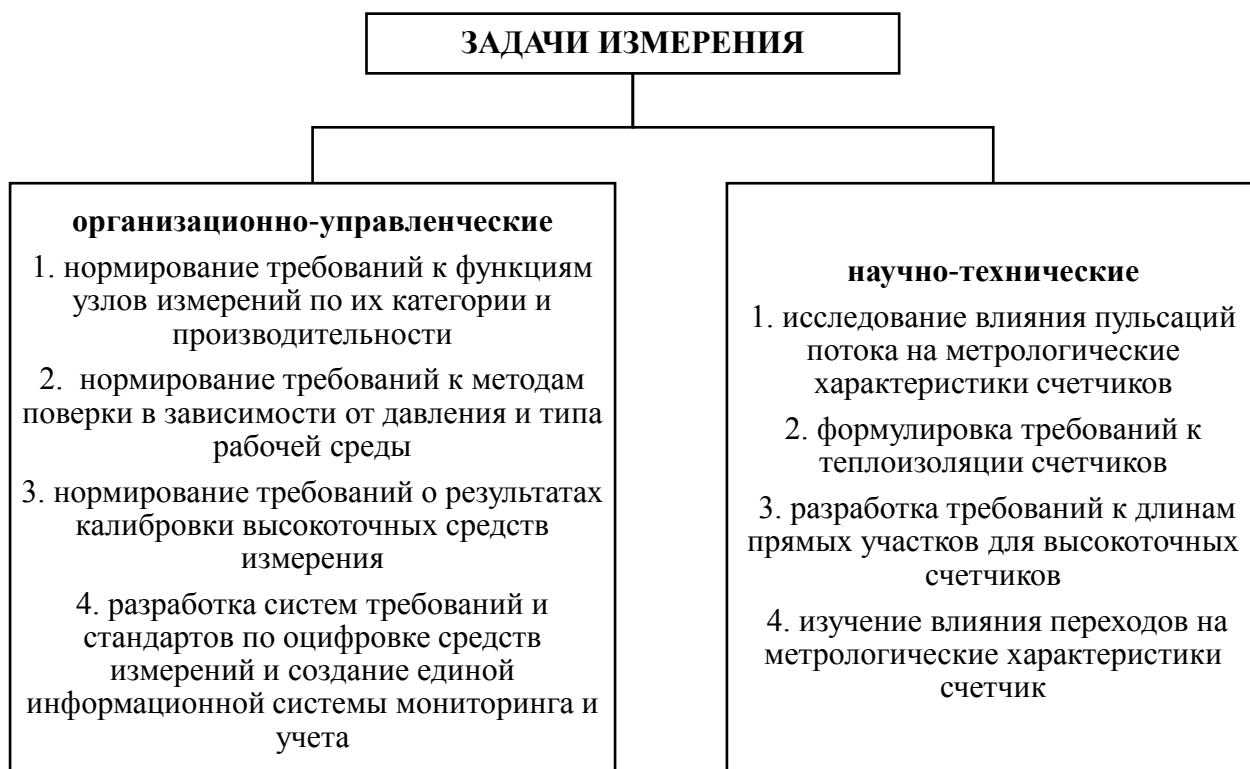


Рисунок 2.1 – Задачи измерения сжатого природного газа на узлах учета (обобщено автором)

Выбор средств и методов измерения сжатого природного газа на узлах учета решает ряд научно-технических и организационно-управленческих задач, совокупность которых формирует комплекс принципов выбора средств измерения сжатого природного газа на узлах учета. Так, укрупненно можно распределить задачи измерения сжатого природного газа на узлах учета на две группы, состав которых проиллюстрирован на рисунке 2.1.

Немаловажное значение в вопросах метрологического обеспечения процессов распределения сжатого природного газа на узлах учета имеет учет факторов, которые оказывают влияние на точность измерительных процедур и объем сжатого природного газа. Систематизация факторов, влияющих на достоверность и точность измерительных процедур, метрологическую надежность приборов учета сжатого природного

газа, указывает на необходимость их анализа в процессах проектирования и эксплуатации узлов учета компримированного природного газа.

Обобщим факторы, оказывающие влияние на точность измерительных процедур и объем компримированного природного газа (рисунок 2.2).

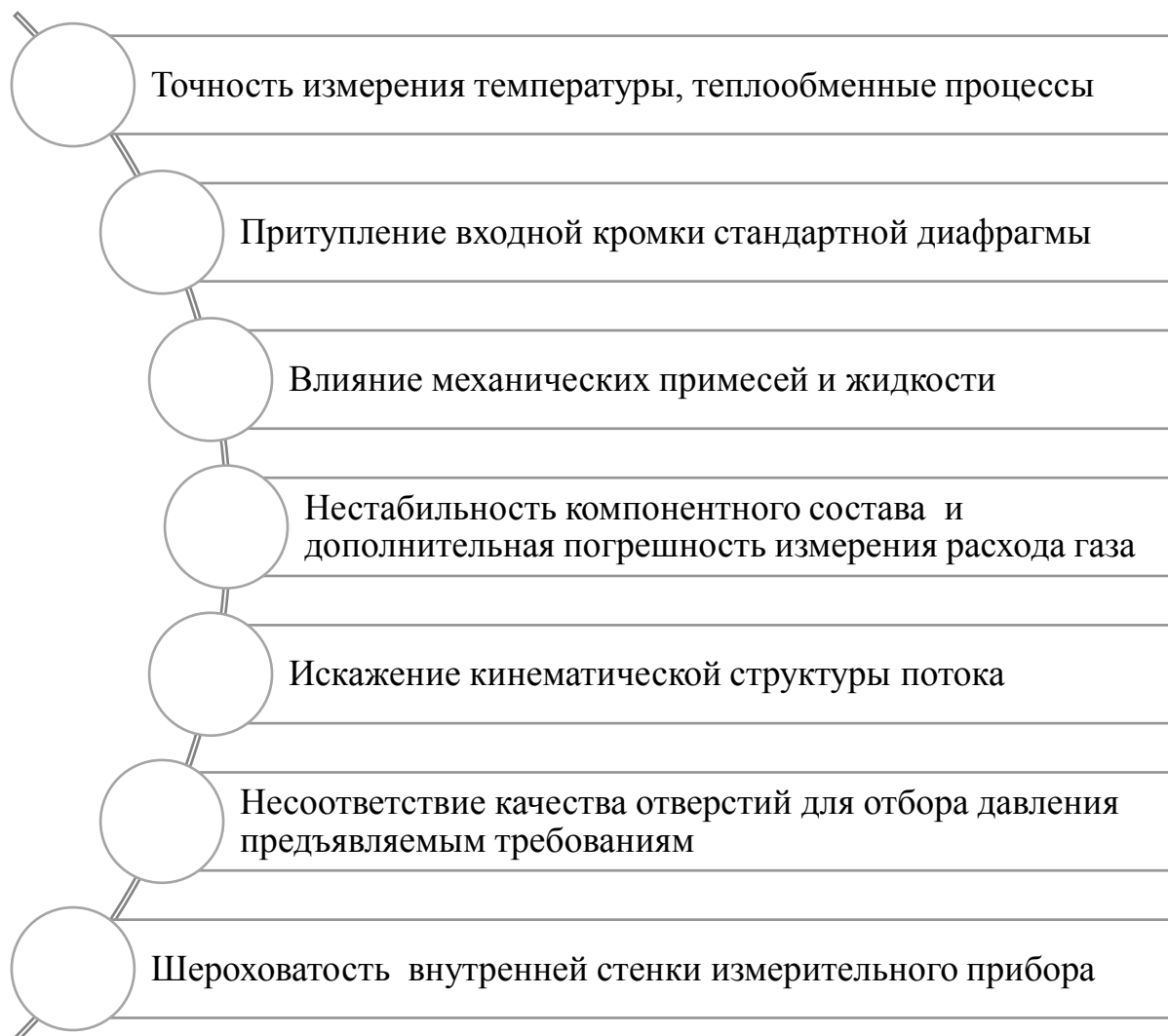


Рисунок 2.2 – Факторы, оказывающие влияние на точность измерительных процедур и объем компримированного природного газа (обобщено автором)

Следует указать, что точность измерений компримированного природного газа в узлах учета, связанная с режимами течения газа, физико-химическими характеристиками, особенностями конструкции узла учета, нормами относительной погрешности измерений базируется на ряде

принципов, которые вкупе влияют на выбор средств измерений в узлах учета. Среди принципов выбора средств измерений в узлах учета компримированного природного газа следует выделить следующие:

1) следование нормам и правилам метрологических измерений:

- величина предела допускаемых относительных погрешностей;
- соблюдение требований, предписанных методиками проведения измерений;
- наличие возможности для проведения мониторинга и контроля за метрологическими характеристиками;

2) достижение требуемого уровня надежности при эксплуатации средств измерений компримированного природного газа в узлах учета:

- учет режимов течения компримированного природного газа;
- учет физико-химических индикаторов состояния компримированного природного газа;
- учет особенностей конструкции узла учета;

3) экономическая эффективность:

- оценка экономической обоснованности (рентабельности) повышения точности узла учета компримированного природного газа;
- оценка издержек на проведение измерений и затрат на их метрологическое обеспечение;

4) экологическая эффективность:

- оценка экономии энергетических ресурсов с использованием систем учета компримированного природного газа;
- оценка резервов оптимизации ресурсозатрат и трудозатрат в узлах учета компримированного природного газа;

5) выполнение требований по автоматизации, цифровизации и трансляции данных:

- оценка уровня автоматизации измерений и управления данными, полученными на их основе;
- оценка уровня цифровизации измерений и управления данными, полученными на их основе;
- оценка объема входных и выходных информационных потоков, передающих данные;
- выбор средств автоматизации, цифровизации и трансляции данных при принятии управленческих решений.

Выбор средств измерений узлов учета компримированного природного газа осуществляется исходя из следующих факторов:

- 1) совокупность физико-химических характеристик, влияющих на точность получаемых измерений в результате использования приборов учета;
- 2) достижение наибольшей и наименьшей производительности узла средства измерения;
- 3) наибольшего рабочего давления компримированного природного газа, его наибольшей и наименьшей температуры и воздуха;
- 4) требуемого уровня точности средства измерения;
- 5) наличие возможности проверить преобразователь расхода на воздушном расходомерном стенде при атмосферном давлении или уровне, близком к нему;
- 6) присутствие опыта в использование данного средства измерения компримированного природного газа.

Следовательно, не каждый тип расходомеров может быть использован для учета компримированного природного газа по совокупности причин:

- низкий уровень точности результатов его измерений;
- наличие необходимости проверки преобразователя расхода на компримированном природном газе, совпадающих по плотности и составу с условиями его эксплуатации;
- чувствительность к неравномерности поверхности установки и необходимость прямолинейного участка большой длины;

- неполная проработанность теоретических вопросов, связанных с формированием фундаментальной базы по рабочему процессу по преобразователю расхода для проведения измерений сжатого природного газа;

- недостаточный опыт в использовании данного прибора учета сжатого природного газа;

- несоответствие технических характеристик прибора учета современным стандартам и требованиям к эксплуатации.

Для выполнения функции метрологического обеспечения процессов распределения сжатого природного газа на узлах учета на предприятиях осуществляют работу метрологические службы. В их функционал входит два крупных блока задач:

1) проведение испытаний:

- технологические
- сертификационные
- квалификационные
- периодические
- типовые
- приемно-сдаточные;

2) метрологическое обеспечение процессов производства на предприятии:

- разработка методик проверки
- разработка методик измерений
- калибровка рабочих средств измерений при производстве
- метрологический контроль технологических конструкций
- аттестация технологических процессов
- аттестация рабочих эталонов, используемых в производстве
- проверка и аттестация технологических средств измерений и испытательного оборудования.

Следует остановиться на фазах жизненного цикла средств измерений компримированного природного газа, фазы которого представлены на рисунке (рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 – Фазы жизненного цикла средств измерений компримированного природного газа [73]

Таким образом, подводя итог, следует обозначить, что метрологическое обеспечение процессов распределения компримированного природного газа на

узлах учета призвано решать комплекс взаимосвязанных задач. Среди них рассмотрены следующие:

- измерение величины объема и физико-химических характеристик компримированного природного газа, что является основанием для проведения расчетов с его поставщиками и потребителями согласно договору поставки;
- технологический контроль расхода объема компримированного природного газа в системе газоснабжения и проведение работ по его оптимизации;
- технологический контроль гидравлического режима компримированного природного газа в системе газоснабжения и проведение работ по его оптимизации;
- оптимизация распределения и потребления компримированного природного газа;
- обоснование для составления баланса компримированного природного газа;
- рост надежности, прозрачности и достоверности измерительных операций и получаемым по ним данным;
- автоматизация и цифровизация сбора данных об объемах использования компримированного природного газа;
- повышение производительности работы оборудования и кадров при проведении операций по учету величины объема и физико-химических характеристик компримированного природного газа.

Рационально обоснованный выбор технического решения на фазе проектирования узла учета компримированного природного газа будет определять уровень надежности работы оборудования с метрологической точки зрения. Методы и средства измерений, используемые в узлах учета компримированного природного газа должны определяться и использоваться исходя из их функционального назначения и условий эксплуатации. Ключевым критерием использования метода измерений расходных параметров компримированного природного газа выступает стабильный коэффициента

преобразования расходомера в длинном интервале изменения режимов транспортировки сжатого природного газа в газопроводе. Немаловажное значение также приобретает наличие гибкости, простоты и удобства по встраиванию средств измерения сжатого природного газа в автоматизированные системы учета газа благодаря наличию электронных вычислителей количества сжатого природного газа, которые обеспечивают трансляцию данных по измерению.

2.2 Передовые практики метрологического обеспечения процессов распределения природного газа на узлах учета в производственных подсистемах

Обоснованием метрологического обеспечения процессов распределения природного газа на узлах учета является метрология. Говоря о процессах распределения природного газа следует обозначить объект исследования – ПАО «Газпром» и его дочерние структуры.

Нормативную базу метрологического обеспечения процессов распределения природного газа на узлах учета формируют:

- совокупность нормативно-правовых актов Российской Федерации;
- комплекс нормативных документов государственной системы обеспечения единства измерений;
- положение о метрологической службе ПАО «Газпром» и его дочерних подразделениях;
- нормативные акты по стандартизации системы обеспечения единства измерений ПАО «Газпром».

Достижение высокого уровня метрологического обеспечения процессов распределения природного газа на узлах учета в ПАО «Газпром» и его дочерних подразделениях становится возможным посредством реализации следующих положений:

- неуклонное совершенствование системы обеспечения единства измерений по аналогии со странами-лидерами промышленного и научно-технического развития;
- функционирование системы обеспечения единства измерений в большей части на основе отечественных разработок и не зависящих от импортной базы технологий и приборов учета природного газа;
- выполнением требований нормативно-правовых актов разного уровня по вопросам использования системы обеспечения единства измерений;
- опора на научно-техническое, организационно-управленческое, нормативно-правовое и комплексное обоснование системы обеспечения единства измерений;
- внедрение наилучших технологий и практик управления производственными процессами, позволяющих достичь высокого уровня надежности и точности результатов измерений;
- использование систем мониторинга и контроля при проектировании, создании, эксплуатации, реновации объектов обеспечения единства измерений в головной компании и ее дочерних структурах;
- развитие профессиональных компетенций работников отделов метрологии в головной компании и ее дочерних структурах;
- внедрение современных средств автоматизации и цифровизации процессов, встроенных или сопряженных с системой обеспечения единства измерений [31].

Назначение метрологического обеспечения в ПАО «Газпром» заключается в разработке, утверждении и внедрении в хозяйственную практику научно-технической, организационно-управленческой и нормативно-правовой базы в целях обеспечения единства, оперативности, надежности, точности, гибкости измерений в головной компании и ее дочерних структурах.

Цели метрологического обеспечения процессов распределения природного газа на узлах учета состоят в следующем:

- повышение производительности труда работников и оборудования;

- рост ресурсоэффективности и энергоэффективности производственных процессов;

- рост эффективности научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;

- достижение требуемого уровня точности и единства измерений в добыче, переработке, хранении, распределении и транспортировке природного газа [64].

Функциональное назначение метрологического обеспечения процессов распределения природного газа на узлах учета раскрывается в таких аспектах, как:

- проведение расчетов и движение финансовых потоков между поставщиками природного газа, газораспределительными станциями и его потребителями;

- проведение контрольных операций и мониторинга по расходу и гидравлическому режиму систем газоснабжения;

- разработка и утверждение баланса газа на входе и выходе;

- оценка уровня энергоэффективности по использованию природного газа.

Узлами учета природного газа являются средства измерений и комплект устройств, которые позволяют учитывать объем природного газа, включая замер и контроль состава его физико-химических характеристик. Технические средства, используемые для измерений, – это средства измерений.

Для учета расхода природного газа используются средства измерений установленного типа, которые прошли все виды проверки согласно нормативно-правовым актам, регулирующим данную область деятельности и обеспечивают исполнение норм по единству измерений, предписанных законом Российской Федерации. Наряду с обязательными требованиями к средствам измерений нормативно-правовыми актами устанавливаются требования к составным частям средств измерений, программным комплексам и

программным продуктам, предъявляются требования по условиям их эксплуатации. Стандартные условия учета природного газа включают:

- температурный режим, который составляет 20 °С;
- режим давления, приближенный к атмосферному давлению (760 мм рт. ст.).

На узлах учета природного газа должны быть установлены счетчики с первичным преобразователем газа, температурные датчики, датчики по давлению и корректоры количества газа. Измерения количества природного газа и его физико-химических характеристиках должны быть проведены согласно утвержденным методикам проведения измерений и проходить проверку на уровень соответствия средств измерений узла учета природного газа установленным требованиям [30].

Совокупность операционных задач служб метрологии при распределении природного газа можно резюмировать в виде схемы (рисунок 2.4).

С развитием цифровой экономики, автоматизацией и цифровизацией процессов производства и распределения в различных отраслях, лучшие практики метрологического обеспечения процессов распределения природного газа на узлах учета непосредственно связаны с внедрением цифровых инструментов управления, контроля и мониторинга за системами измерений природного газа. ПАО «Газпром» – сложная структура, имеющая в своем составе множество дочерних подразделений, которые также имеют свои филиалы. В них имеется собственная установленная система систематизации, хранения, обработки и использования данных по учету природного газа, которая требует упорядочивания для принятия гибких и оперативных управленческих решений. Более того, требует оперативного отражения в документах информация и данные об изменениях в газопроводах и сооружениях. Это приводит к тому, что обслуживание и управление системами измерений рассматривается как трудоемкая задача. Решить указанные проблемы становится возможным благодаря автоматизации обслуживания газораспределительной сети. Одним из способов автоматизации обслуживания

газораспределительной сети можно назвать геоинформационную систему (ГИС). Основное назначение геоинформационной системы состоит в сборе, обработке, хранении, систематизации и анализе пространственных данных на газораспределительных станциях и их атрибутивной информацией.

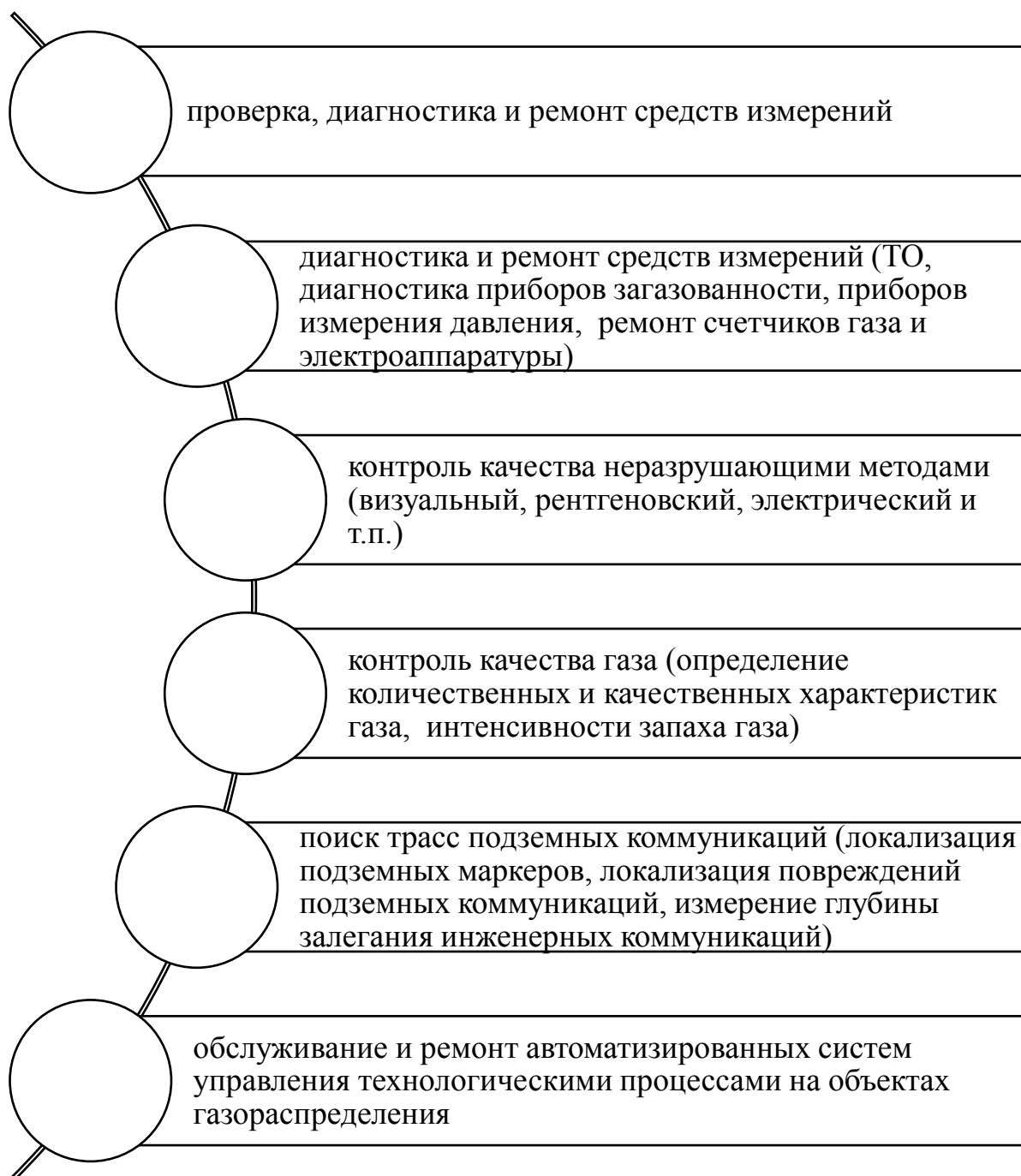


Рисунок 2.4 – Совокупность операционных задач служб метрологии при распределении природного газа (обобщено автором)

Однако, вместе с тем, в отечественной газовой промышленности, на газораспределительных станциях геоинформационные системы не нашли массового практического использования, что связано со следующими причинами:

- сложность выбора оптимальной программной системы из-за их большого количества;
- сложность интеграции геоинформационной системы с уже используемыми программными продуктами;
- необходимость инвестирования в закупку, установку и обслуживание геоинформационной системы, переобучение и повышение квалификации персонала.

Успешным примером разработки и внедрения геоинформационной системы на объектах газораспределения является опыт ОАО «Газпром газораспределение Оренбург».

Проект по разработке и внедрению геоинформационной системы газораспределительной сети в данной организации стартовал в 2011 г. и в дальнейшем после внедрения подвергается постоянному совершенствованию, связанному с развитием технологий, освоением новых практик учета, адаптацией к новым стандартам и регламентам.

Совершенствование работы данной геоинформационной системы позволило сформировать перечень ее особенностей, среди них выделяются следующие (рисунок 2.5):

- система авторизации и установление пользовательских ролей;
- создание интерфейса программного продукта;
- использование спутниковых систем связи, наблюдения и навигации за системами учета;
- редактор транспортировки природного газа;

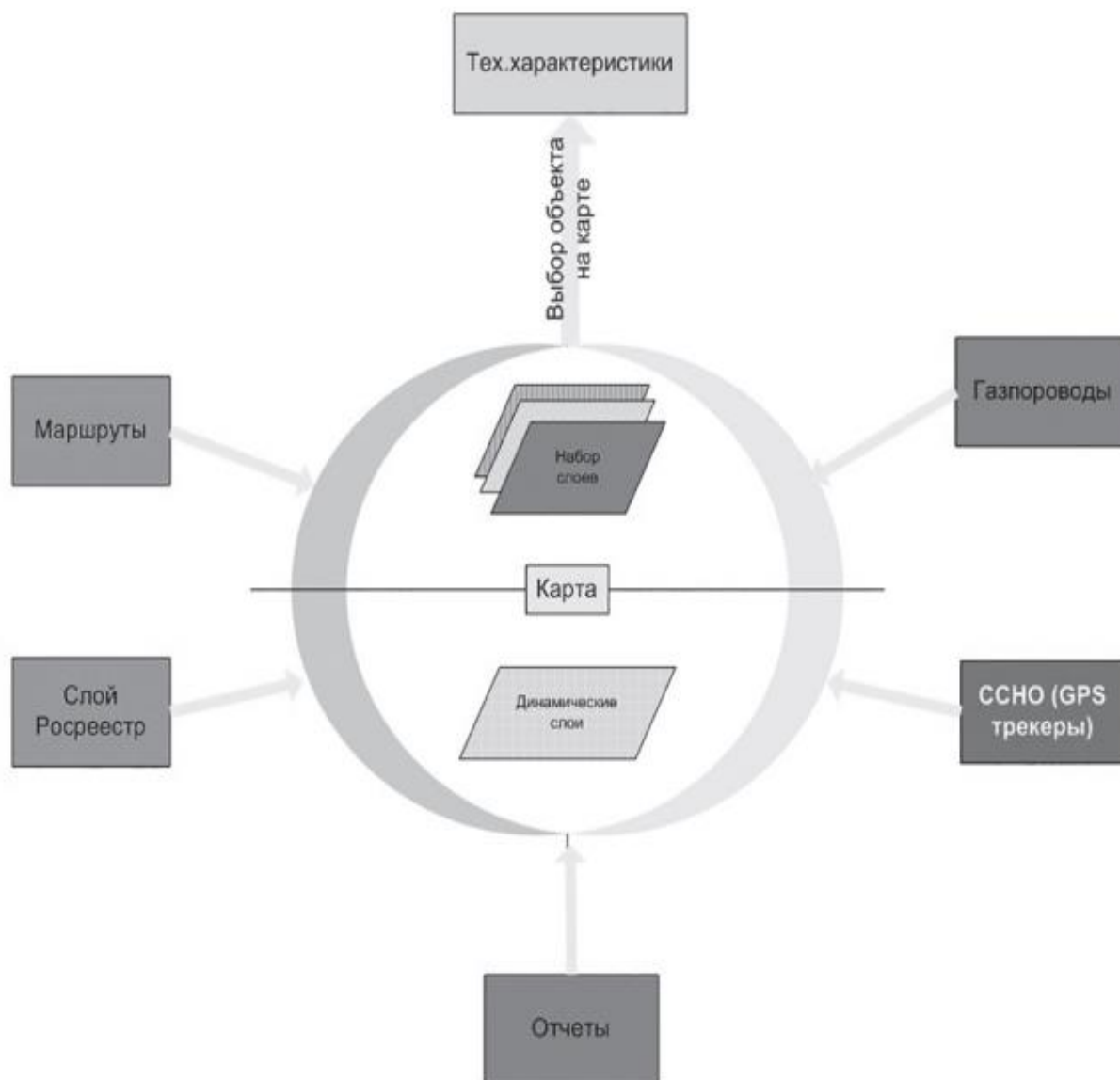


Рисунок 2.5 – Структурные компоненты геоинформационной системы
«Газпром газораспределение Оренбург» [19, С. 94]

- система телеметрии;
- функционал по редактированию геометрических характеристик;
- функционал по замеру физико-химических характеристик газа;
- функционал по поиску информационных потоков;
- функционал по измерению температуры;
- функционал по измерению давления;
- функционал с выдачей технических характеристик и др.

Достижение высокого уровня защиты данных и информации об объектах газораспределительной сети осуществляется тремя возможными способами:

1) данные об аутентификации пользователей имеют одностороннее преобразование для хранения, при этом при шифровании добавляются случайные данные, сводящие к минимуму возможность раскодировки аутентификационных данных пользователей;

2) физическое хранение геоинформационных массивов осуществляется на сервере базы данных в специальных таблицах, действия с которыми для пользователей имеют ограничения и при этом все изменения с геоинформационным массивом помещаются в таблицы с историями их преобразований, что делает невозможным проникнуть со стороны мошенников ко всем информационным потокам и данным сразу;

3) ограничение доступа к персональным данным со стороны пользователей.

Таким образом, разработанная и внедренная геоинформационная система «Газпром газораспределение Оренбург» позволила интегрировать систему учета природного газа в каналы взаимодействия различных групп пользователей – руководителей организации, сотрудников основных и обслуживающих подразделений (например, ремонтных служб, служб технического осмотра и т.п.), повышая наглядность, точность и достоверность работы систем измерения в узлах учета природного газа.

Другим успешным примером цифровизации метрологического обеспечения процессов распределения природного газа на узлах учета можно назвать использование телеметрической системы аккумулирования, хранения и передачи информации между объектами в «Газпром Газораспределение Воронеж». Здесь спроектирована схема автоматизации газорегуляторного пункта с встроенной системой телеметрии, включающая три помещения, две ступени редуцирования и резервную линию редуцирования.

В настоящее время проблематика отказа работы газорегуляторного пункта входит в ряд ходовых и в этой связи является актуальной для

газораспределительных систем. Выход из строя газорегуляторного пункта приводит к возникновению аварийной ситуации, следствием чего является факт либо недопоставки, либо поставки завышенного объема газа потребителям, провоцируя внештатные ситуации. Одним из способов решения данной проблемы в «Газпром Газораспределение Воронеж» стало внедрение в эксплуатацию телеметрической специализированной системы аккумулирования, накопления и трансляции информационных потоков с газорегуляторного узла к бюро диспетчеризации. Телеметрия – автоматизированной системы управления технологическим процессом позволяет повысить скорость реакции на возникновение внештатных ситуаций в газораспределительной сети.

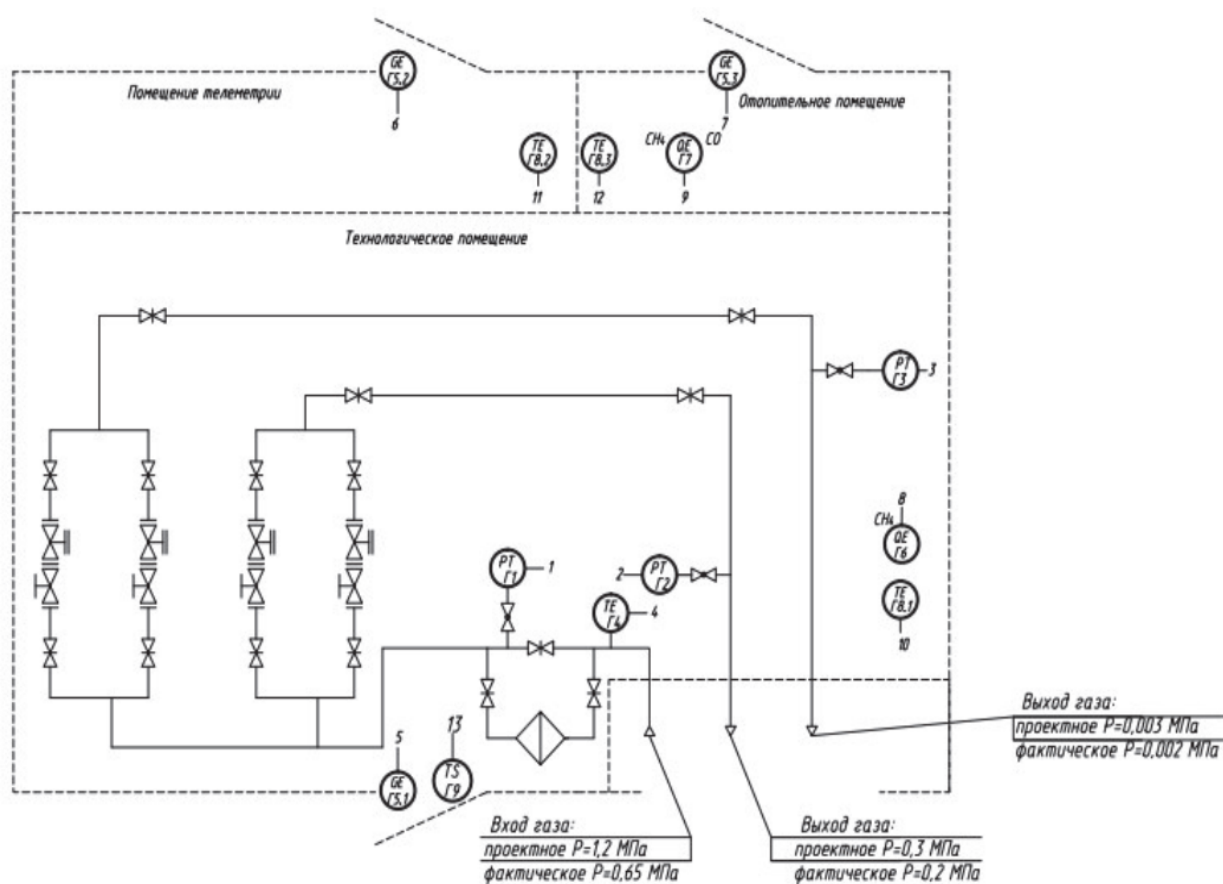


Рисунок 2.6 – Блок-схема автоматизации газораспределительных пунктов, включающая три помещения, две ступени редуцирования и резервную линию редуцирования в «Газпром Газораспределение Воронеж» [61, С. 18]

Телеметрия – это целый комплекс технологий, дающих возможность в дистанционном режиме осуществлять удаленные измерения и агрегирование данных с последующей передачей диспетчерским службам, чтобы оперативно принять управленческое решение для разрешения аварийной или внештатной ситуации. Газорегуляторные и шкафные пункты редуцирования газа – это объекты телеметрии. В «Газпром Газораспределение Воронеж» спроектирована и внедрена в эксплуатацию блок-схема автоматизации газораспределительных пунктов, включающая три помещения, две ступени редуцирования и резервную линию редуцирования (рисунок 2.6).



Рисунок 2.7 – Состав измерений и наблюдений в телеметрической системе в «Газпром Газораспределение Воронеж» (обобщено автором по данным источников [3,20,25,98])

Телеметрическая система имеет в своем составе измерение и наблюдение по следующим параметрам:

- физические величины;
- параметры работы технологического оборудования;
- сравнительный анализ параметров с пороговыми значениями.

Состав измерений и наблюдений в телеметрической системе в «Газпром Газораспределение Воронеж» приведен на рисунке (рисунок 2.7).

Подключение устройств к телеметрической системе отражено на схеме (рисунок 2.8).

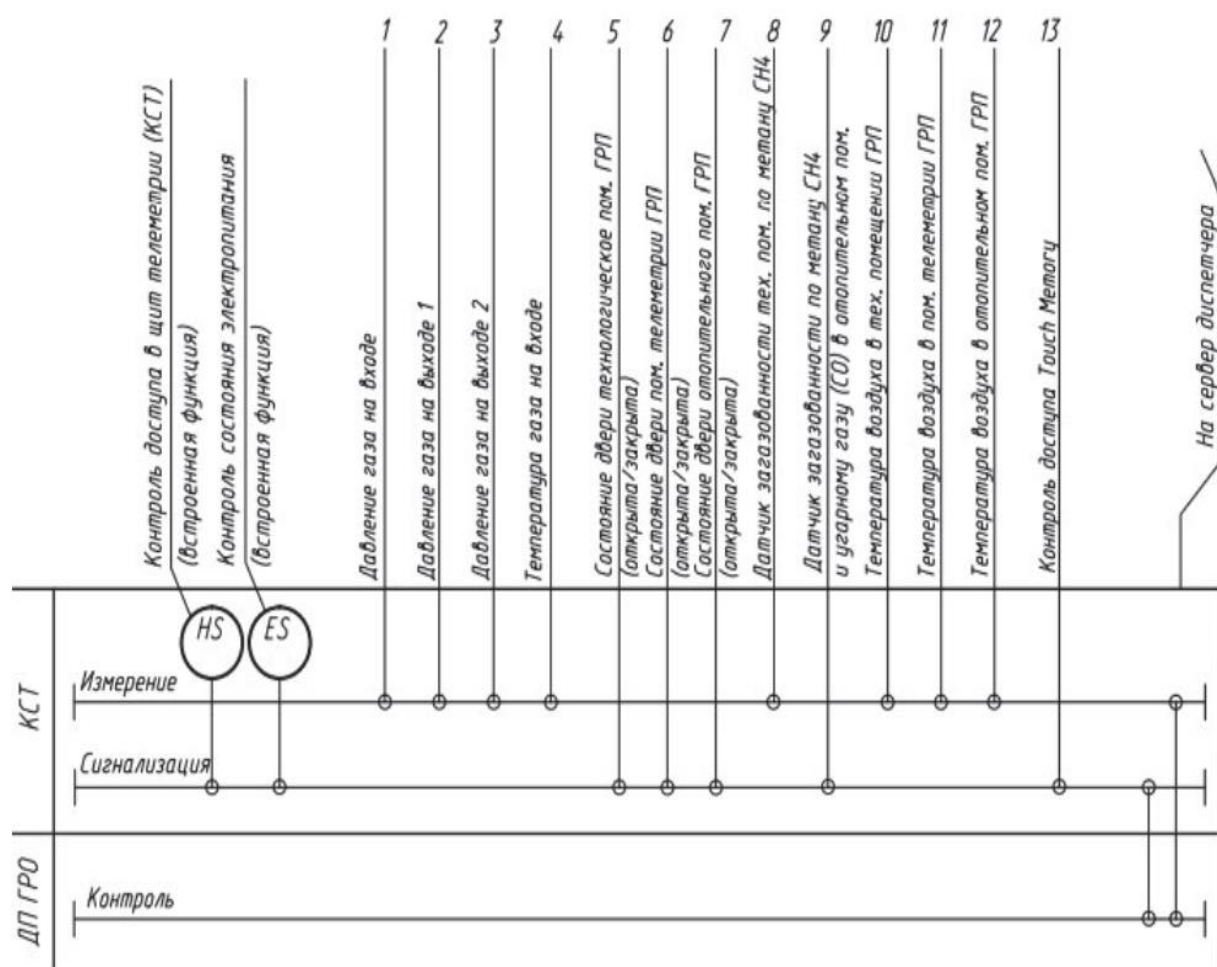


Рисунок 2.8 – Блок-схема подключения устройств к телеметрической системе [108, С. 18]

Таким образом, использование телеметрических систем в целях метрологического обеспечения процессов распределения природного газа на

узлах учета позволило «Газпром Газораспределение Воронеж» разработать комплекс организационно-управленческих решений и выработать рекомендации, позволяющие определить наиболее эффективные системы контроля определенных параметров для достижения нормального режима работа газораспределительных станций, выбрать средства автоматизации технологических процессов и учета, что в совокупности дает возможность повысить точность и надежность контролируемых входных и выходных параметров технологического процесса.

Актуальным для газораспределительных компаний видится возможность использования средств автоматизации для проведения метрологических работ. Примером такого решения может выступать информационный продукт «ИС Метрология» [97], которая позволяет решать следующие задачи, состав которых проиллюстрирован на рисунке (рисунок 2.9).



Рисунок 2.9 – Программная и техническая поддержка метрологического обеспечения процессов газораспределительных систем (обобщено автором)

Говоря о вопросах метрологического обеспечения процессов распределения природного газа на узлах учета не стоит обходить вниманием такую проблематику, как измерение погрешностей при замере количества газа, величина которой влияет на эффективность финансовых операций и финансовых отношений, возникающих между поставщиком и потребителем природного газа. Разбаланс величины поставленного и потребленного природного газа вызывают следующие причины:

- погрешность измерений его объема природного газа;
- утечка природного газа;
- выход из строя составляющих частей газораспределительной сети;
- сбои в системе учета;
- несанкционированное вмешательство и т.п.

В этой связи очень важно выявить факторы и причины, вызывающие данный разбаланс, что входит в ряд приоритетных задач в вопросах распределения природного газа.

На рисунке отображен разбаланс поставляемого и потребляемого природного газа, вызванный погрешностью измерений, которая выражается как разница между объемом потребляемого и поставляемого природного газа:

$$V_p = V_{\text{потр}} - V_{\text{пост.}}, \text{ где}$$

V_p – разбаланс природного газа;

$V_{\text{потр}}$ – объем потребляемого природного газа;

$V_{\text{пост.}}$ – объем поставляемого природного газа (рисунок 1.10).

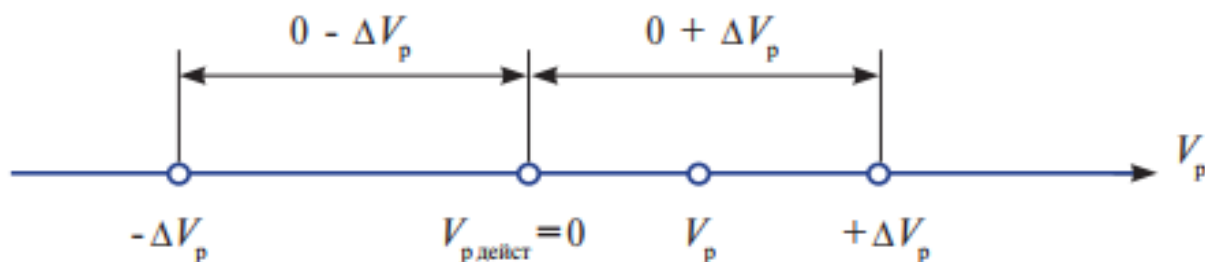


Рисунок 2.10 – Схематическое отображение разбаланса природного газа

[18, С. 21]

Анализ причинно-следственных связей формирования разбаланса природного газа можно проводить с использованием такого наглядного инструмента, как диаграмма Исикавы. Она дает возможность определить исходные причины разбаланса природного газа и выработать комплекс рекомендательных мер для их ликвидации. Она позволяет определить главные факторы, влияющие на разбаланс природного газа. На диаграмме Исикавы проблема символизируется крупной направленной стрелкой; провоцирующие ее факторы отображаются стрелками, которые проходят внутри диаграммы; факторы, которые устраняют проблему помещаются за пределами скелета диаграммы. Пример такой диаграммы представлен на рисунке (рисунок 2.11).

Очевидными являются следующие утверждения:

- разбаланс природного газа, вызванный исключительно погрешностями приборов учета природного газа может выгоден и поставщикам, и потребителям;
- максимальное участие в компенсации разбаланса несет тот, кто ведущий учет природного газа с наименьшей точностью;
- поставщик имеет более худшие последствия при дисбалансе, поскольку он должен измерить наибольшее из всего возможного количества природного газа, и он допускает максимальную величину абсолютной погрешности в измерении объема природного газа, способствуя таким образом еще большему разбалансу.

Для решения данной проблемы коллективом автором – Д. Б. Белов, А.А. Игнатьев, С.И. Соловьев была предложена и апробирована методика, позволяющая нивелировать разбаланс природного газа [18]. Согласно данной методики, было установлено, что большую часть разбаланса природного газа следует компенсировать поставщику, т.к. он проводит измерение всего количества природного газа, который реализуется потребителям по газораспределительной сети. Однако указанную часть он компенсирует себе самостоятельно, поскольку имеет убытки. В то же время, величина убытка была бы значительно больше, если поставщик и потребитель не участвовали в

компенсационных процедурах разбаланса природного газа. Это пример отрицательного разбаланса. Если разбаланс имеет место в сторону поставщика – положительный разбаланс природного газа, тогда поставщик природного газа компенсирует убытки потребителю. Величина компенсации определяется, в данном случае, в пропорциональном отношении квадратам погрешностей приборов учета. В этом случае поставщик природного газа компенсирует из сверхприбыли долю каждому потребителю.

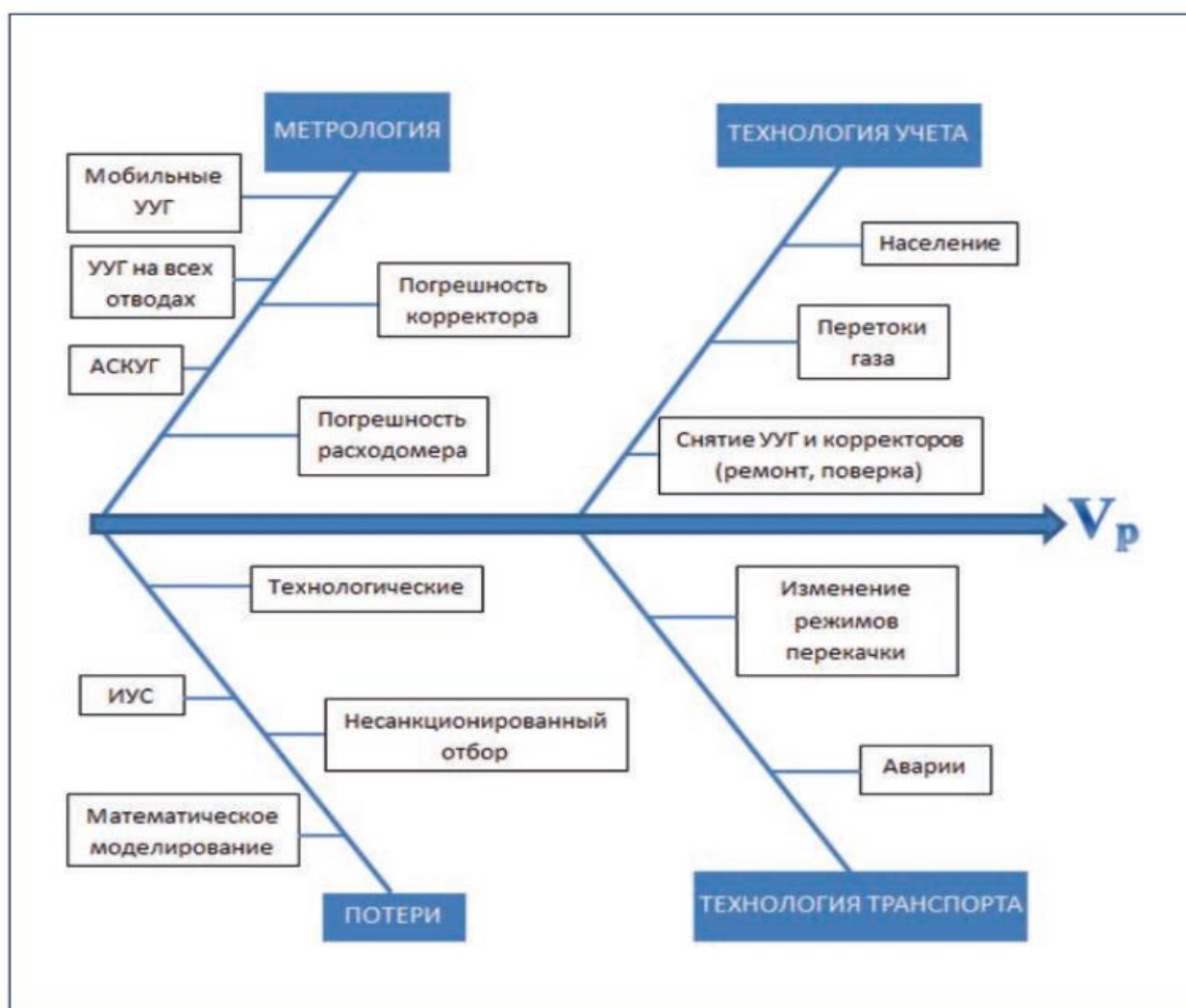


Рисунок 2.11 – Диаграмма Исикавы для разбаланса природного газа

[106, С. 15]*

* УУГ – узлы учета газа

АСКУГ – автоматическая система контроля и учета газа

ИУС – информационно-управляющая система

Использование методики пересчета позволяет компенсировать издержки сторон, как поставщиков, так и потребителей, которые вызваны погрешностями учета количества, поставляемого или потребляемого природного газа. Использование данной методики также порождает рост достоверности и точности измерений количества природного газа.

Таким образом, полагаем, что дальнейшее совершенствование метрологического обеспечения процессов распределения природного газа на узлах учета связано с такими важными аспектами, как 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 его баланса.

2.3 Организационная и математическая модель ресурсосберегающей транспортной подсистемы производства на основе использования газомоторного топлива

Добыча и распределение природного газа в промышленном комплексе Российской Федерации занимают одно из центральных мест в энергетической системе. За 2017-2022 гг. объемы добычи природного газа составили 4289 млрд м³. По итогам 2022 г. количество добытого природного газа составило 763 млрд м³, уменьшившись по сравнению с 2017 г. (взят за базу сравнения) на 2,1% (рисунок 2.12).

Из общего объема добытого природного газа 87% приходится на естественный горючий природный газ, 13% – на попутный нефтяной газ. Величина природного попутного сжиженного и регазифицированного газа в 2022 г. составила 29,8 тонн против 18 тонн в 2017 г. (рисунок 2.13).

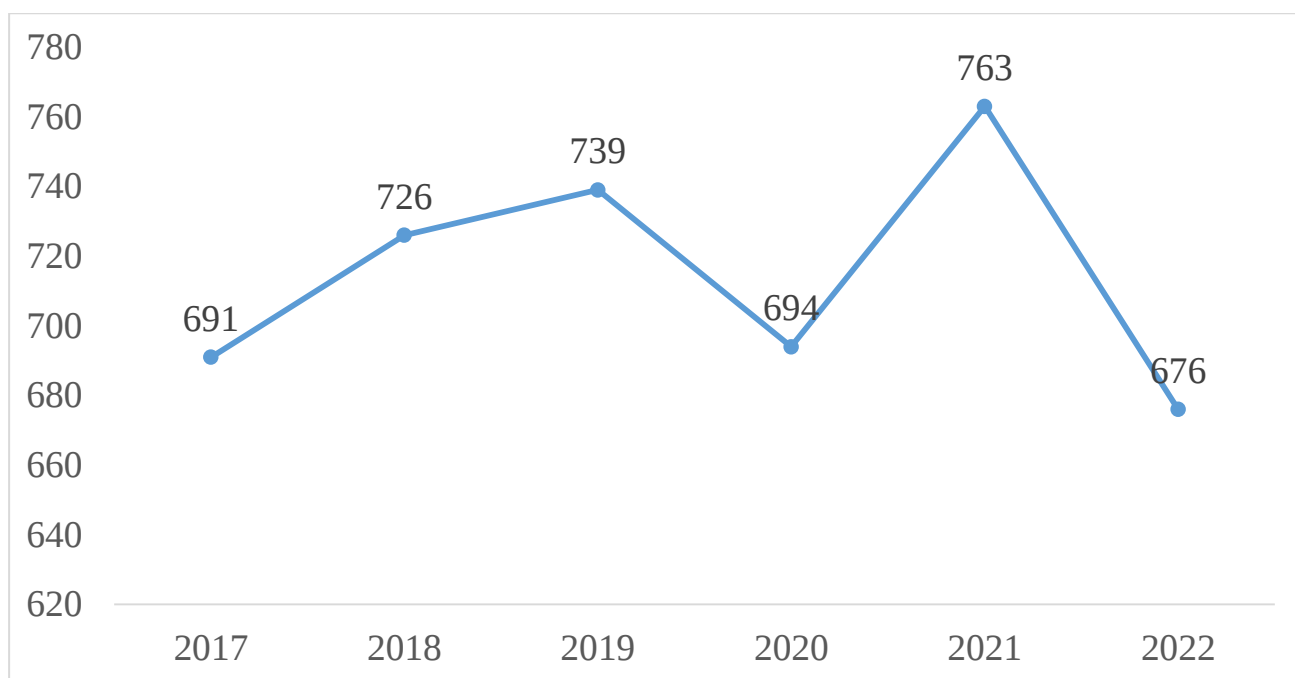


Рисунок 2.12 – Объем ресурсов природного газа в РФ, млрд м3 (составлено автором по данным источника [91])

Динамика показателей добычи и использования попутного нефтяного газа сведена в таблицу (таблица 1.3). Отметим, что с ростом добычи объемов попутного нефтяного газа с 79,5 млрд. м3 в 2018 г. до 89,5 млрд м3 в 2021 г. уровень его использования сократился с 84,4% до 82%.

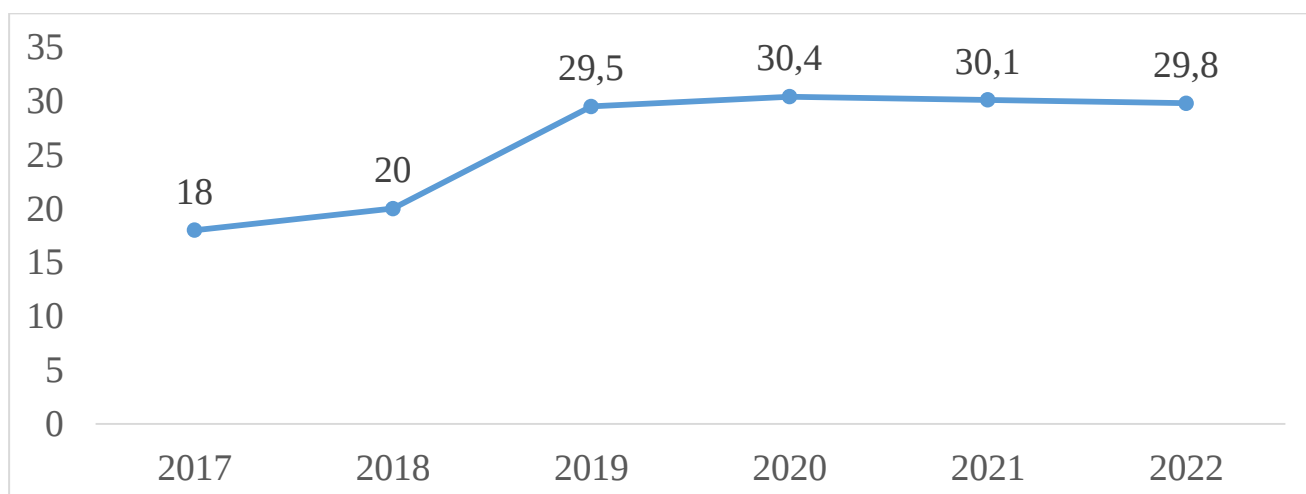


Рисунок 2.13 – Объем ресурсов природного попутного сжиженного и регазифицированного газа в РФ, тонн (составлено автором по данным источника [91])

Таблица 2.3 – Использование природного газа на промышленных предприятиях, млрд м³ [90, С. 382]

Показатель	2018	2019	2020	2021
Добыча попутного нефтяного газа	79,5	86,0	85,8	89,5
Расходы на собственные нужды	23,8	27,5	26,6	31,6
Технол.потери при очистке, транспортировке	0,2	0,2	0,2	0,2
Сожжено в факелах	14,7	20,3	19,5	19,7
Уровень использования попутного нефтяного газа, в % от объема добычи газа	84,4	80,9	81,5	82,0

Суммарный объем отгруженной продукции в добыче нефти и природного газа составил в 2022 г. 18,8 трлн рублей, увеличившись по сравнению с 2017 г. в 2 раза. Объем отгруженной продукции нефти и попутного нефтяного газа в 2022 г. составил 15 трлн рублей, что выше уровня 2017 г. в 1,9 раза. Объем отгруженной продукции природного газа составил в 2022 г. 3,7 трлн рублей, что выше показателя 2017 г. в 2,6 раза. Следует указать на устойчивый положительный тренд отгруженной продукции природного газа, при этом существенный прирост отмечался в 2021 г. по сравнению с 2020 г. и в 2022 г. по сравнению с 2021 г. (рисунок 2.14).

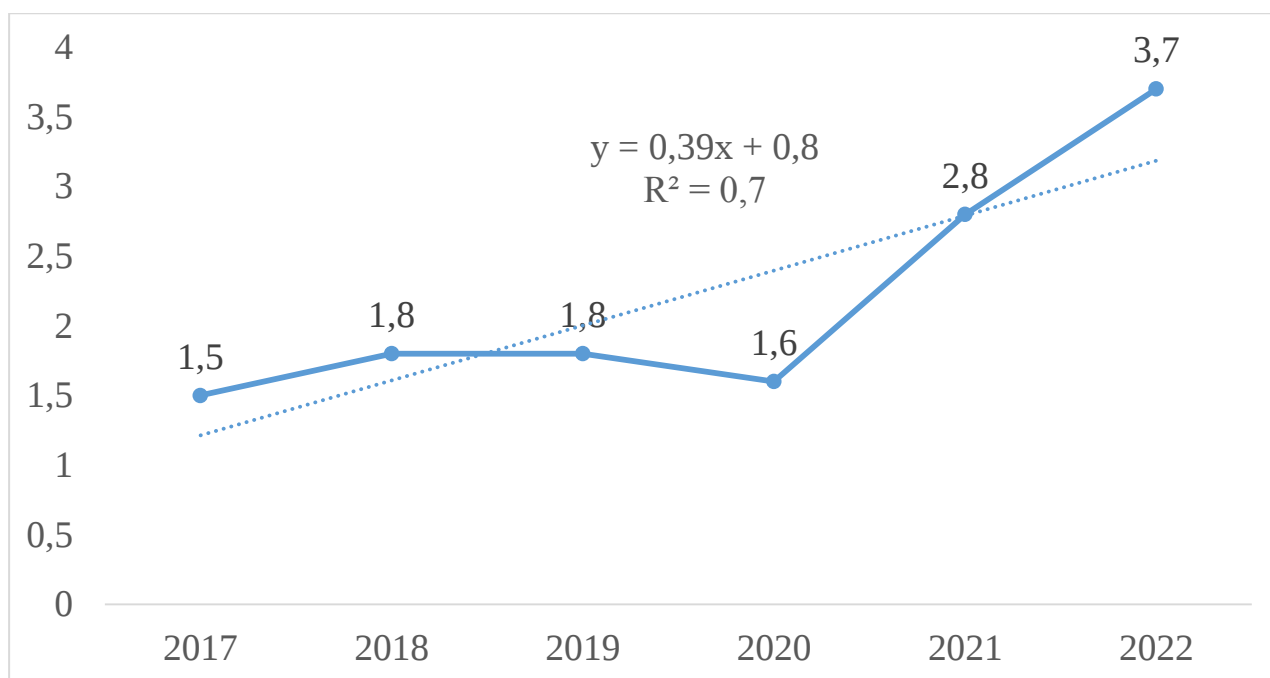


Рисунок 2.14 – Динамика использованного природного газа промышленными предприятиями, трлн рублей (составлено автором по данным источника [91])

Несмотря на значительный рост объема отгруженного природного газа в денежном выражении, индекс промышленного производства в добыче природного газа в 2020 г. и 2022 г. был отрицательным, составив по итогам 2022 г. 98,1% к уровню предыдущего года (для сравнения: в 2017 г. – 105,5% к уровню предыдущего года). Динамика индекса промышленного производства в добыче нефти и природного газа представлена на рисунке (рисунок 2.15).

Приведем энергобаланс Российской Федерации за 2022 г. Объем добычи природного газа составил 880,9 млн тонн условного топлива, добыча без потерь составляла 879,3 млн тонн условного топлива (99,8%).

Величина запасов природного газа у поставщиков составляла 59,5 млн тонн условного топлива на начало года и 62,7 млн тонн условного топлива на конец года. Таким образом, изменение запасов природного газа у поставщиков на конец года превышало его запасы на начало года на 3,2 млн тонн условного топлива, или на 5,5%.

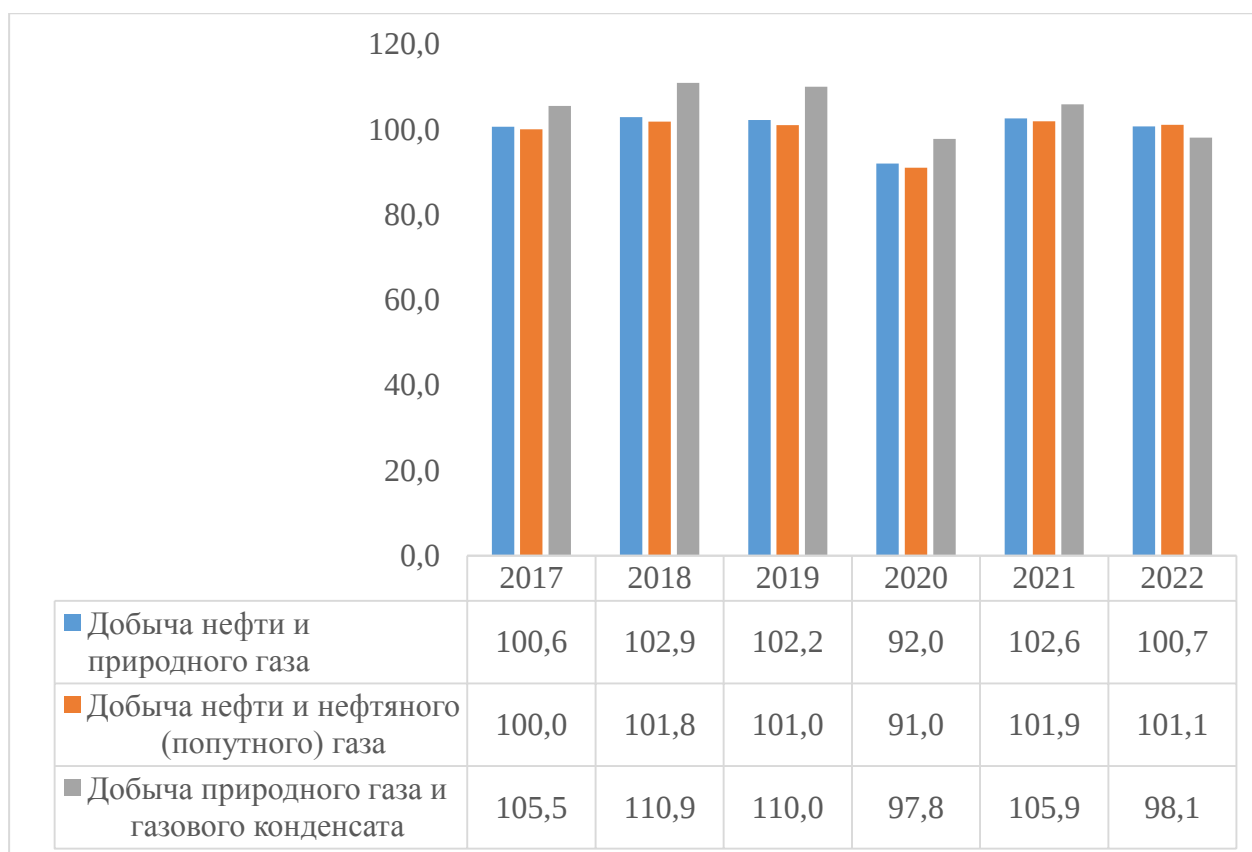


Рисунок 2.15 – Индекс промышленного производства природного газа, % к предыдущему году (составлено автором по данным источника [91])

Величина запасов природного газа у потребителей составляла 0,9 млн тонн условного топлива на начало года и 1,1 млн тонн условного топлива на конец года. Таким образом, изменение запасов природного газа у потребителей на конец года превышало его запасы на начало года на 0,1 млн тонн условного топлива, или на 14,8%.

Импорт природного газа составил 9,4 млн тонн условного топлива. Итого объем ресурсов природного газа составил 885,4 млн тонн условного топлива.

Величина экспорта природного газа составила 237,3 млн тонн условного топлива, общее потребление – 648,1 млн тонн условного топлива. Из них на преобразование в другие виды энергии было направлено 311,5 млн тонн условного топлива (48,1% от общего объема) – в качестве сырья на переработку в другие виды топлива (47,9 млн тонн условного топлива), на производство химической и нефтехимической продукции (58,9 млн тонн условного топлива);

в качестве материала на нетопливные нужды – 11,7 млн тонн условного топлива (1,8% от общего объема); в качестве топлива или энергии – 208,3 млн тонн условного топлива (32,1% от общего объема); потери на стадии потребления – 9,7 млн тонн условного топлива (1,5% от общего объема).

Фрагмент таблицы баланса энергоресурсов в Российской Федерации в 2022 г. представлен в таблице 2.4).

Таблица 2.4 – Фрагмент баланса энергоресурсов в 2022 г., млн тонн условного топлива (составлено автором по данным источника [91])

Ресурсы, распределение	Природное топливо	Из него: природный газ	Продукты переработки топлива
РЕСУРСЫ			
Добыча (производство) - всего	1949,0	880,9	422,6
в том числе без потерь	1898,5	879,3	422,6
Запасы у поставщиков:			
на начало года	138,7	59,5	3,5
на конец года	148,0	62,7	4,1
изменение запасов	-9,3	-3,2	-0,6
Запасы у потребителей:			
на начало года	20,0	0,9	17,4
на конец года	16,9	1,1	27,0
изменение запасов	3,1	-0,1	-9,6
Импорт	26,9	9,4	1,7
Итого ресурсов	1919,2	885,4	414,1
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ			
Экспорт	738,4	237,3	204,5
Общее потребление - всего	1180,8	648,1	209,7
в том числе:			
на преобразование в другие виды энергии	392,7	311,5	10,7
в качестве сырья:			
на переработку в другие виды топлива	440,9	47,9	2,3
на производство химической, нефтехимической и другой нетопливной продукции	97,8	58,9	26,9
в качестве материала на нетопливные нужды	12,1	11,7	5,3
непосредственно в	218,9	208,3	164,5

Ресурсы, распределение	Природное топливо	Из него: природный газ	Продукты переработки топлива
качестве топлива или энергии			
потери на стадии потребления	18,4	9,7	-

Наибольшие объемы потребления природного газа приходились на такие отрасли, как добыча нефти, производство нефтепродуктов, производство химических веществ, минеральной продукции, металлургия, транспортировка. Отпуск населению составил 35,1% от общего объема потребления. Структура потребления природного газа отражена на диаграмме (рисунок 2.16).

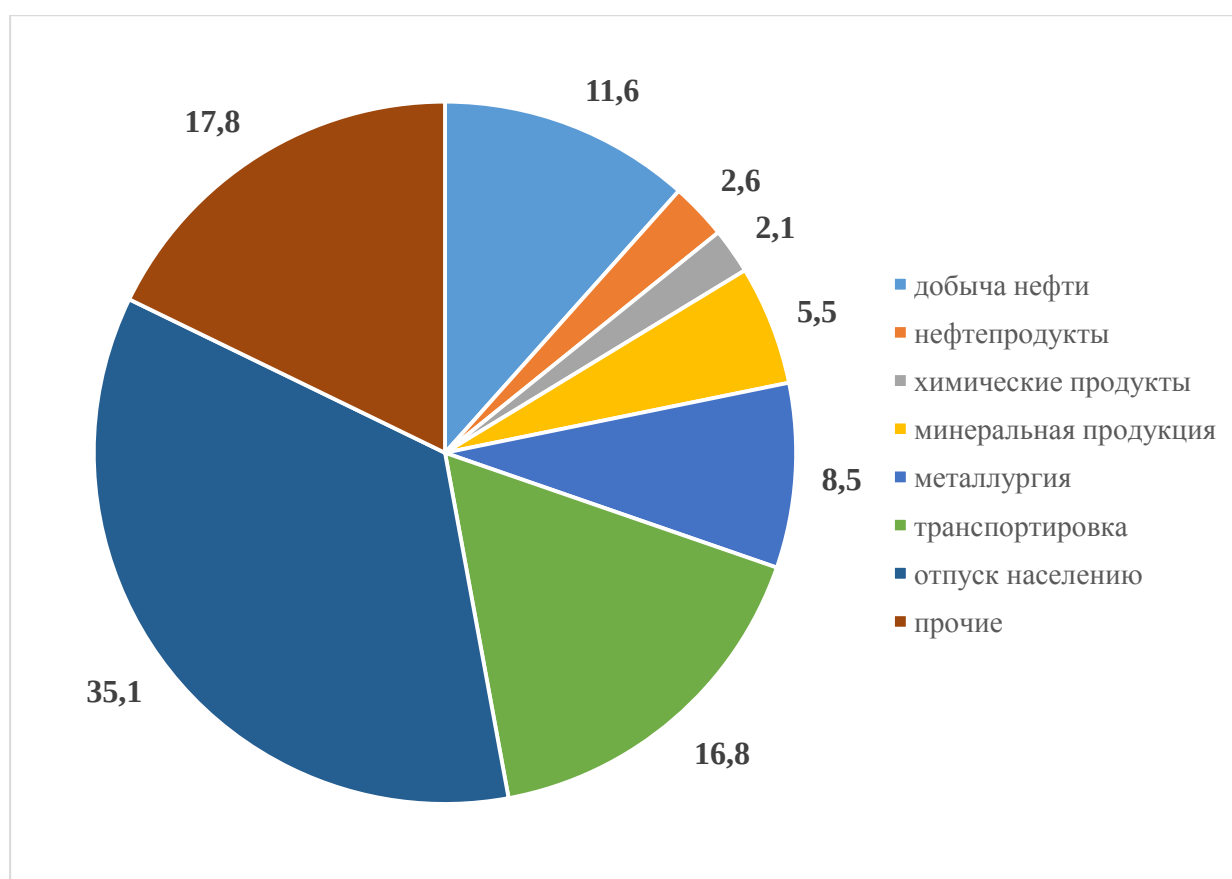


Рисунок 2.16 – Структура потребления природного газа промышленными предприятиями, в % к итогу (составлено автором по данным источника [91])

Анализируя добычу и распределение природного газа в аналитических целях обратимся к данным по ПАО «Газпром». Запасы природного газа группы Газпром на территории Российской Федерации по состоянию на 31 декабря 2022 г. составили 27,9 трлн м³, против 35,2 трлн м³ на 31 декабря 2018 г., газового конденсата – 1,3 трлн тонн в 2022 г. против 1,6 трлн тонн в 2018 г.

В 2022 г. группой Газпром было открыто 1 месторождение и 25 залежей на ранее открытых месторождениях. Коэффициент восполнения запасов природного газа в 2022 г. составил 1,29, нефти и газового конденсата – 1,78 (в 2018 г. – 1,6 и 0,69, соответственно) (таблица 2.5).

Таблица 2.5 – Коэффициент восполнения запасов группой Газпром [100]

	2018	2019	2020	2021	2022
Природный газ	1,60	1,11	1,08	1,03	1,29
Нефть и газовый конденсат	0,69	0,67	0,45	0,87	1,78
Всего	1,49	1,06	1,00	1,01	1,37

Среднесуточная добыча природного и попутного газа в 2022 г. составила 1131,3 млн м³ / сут., что меньше, чем в 2018 г. – 1366,2 млн м³ / сут. Среднесуточная добыча попутного газа ежегодно сокращается, исключение составил только 2021 г. – 1412,6 млн м³ / сут. (рисунок 2.17).

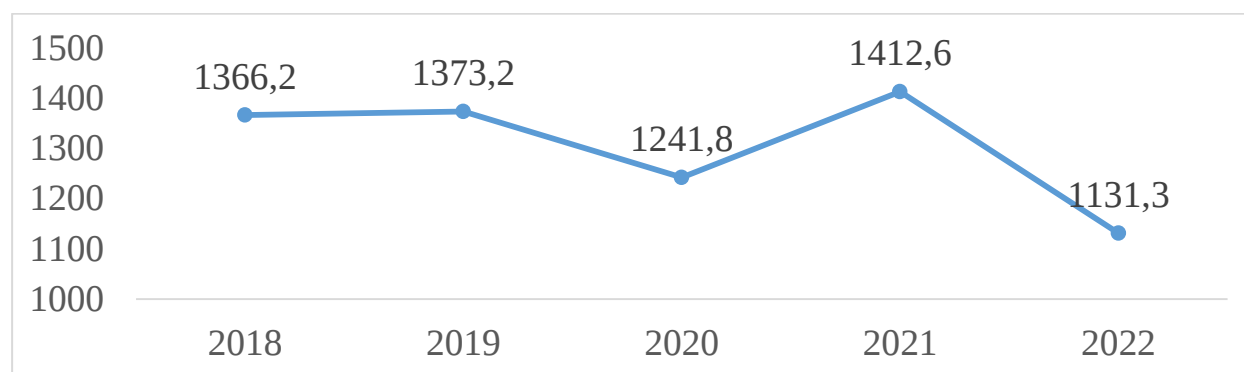


Рисунок 2.17 – Среднесуточная добыча попутного газа, млн м³ / сут.

(составлено автором по данным источника [100])

Объем поступления природного газа в газотранспортные системы Газпрома на территории Российской Федерации в 2022г. составил 596,7 млрд м³ против 696,3 млрд м³ в 2018 г.; поставка потребителям России по газораспределительным транспортным системам Газпрома в 2022 г. составила 372,1 млрд м³, в 2018 г. – 361,7 млрд м³ (рисунок 2.18).

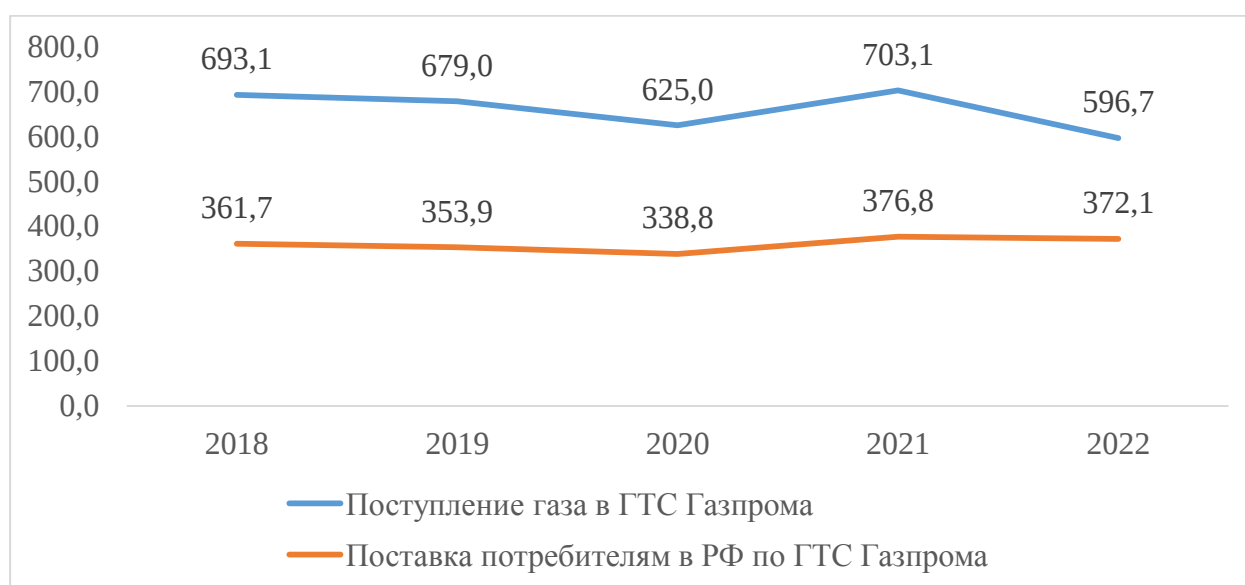


Рисунок 2.18 – Поступление и поставка природного газа в газораспределительной системе Газпрома, млрд м³ (составлено автором по данным источника [100])

Число объектов хранения природного газа на территории Российской Федерации составляет 27, оперативный резерв подземного хранения для природного газа – 72,7 млрд. м³.

Отмечается ежегодная тенденция увеличения протяженности газопроводов, принадлежащих дочерними и независимыми газораспределительными организациями Газпрома, которая увеличилась с 786,7 тыс. км в 2018 г. до 852,1 тыс. км в 2022 г., что составляет 8,3% (рисунок 2.19).

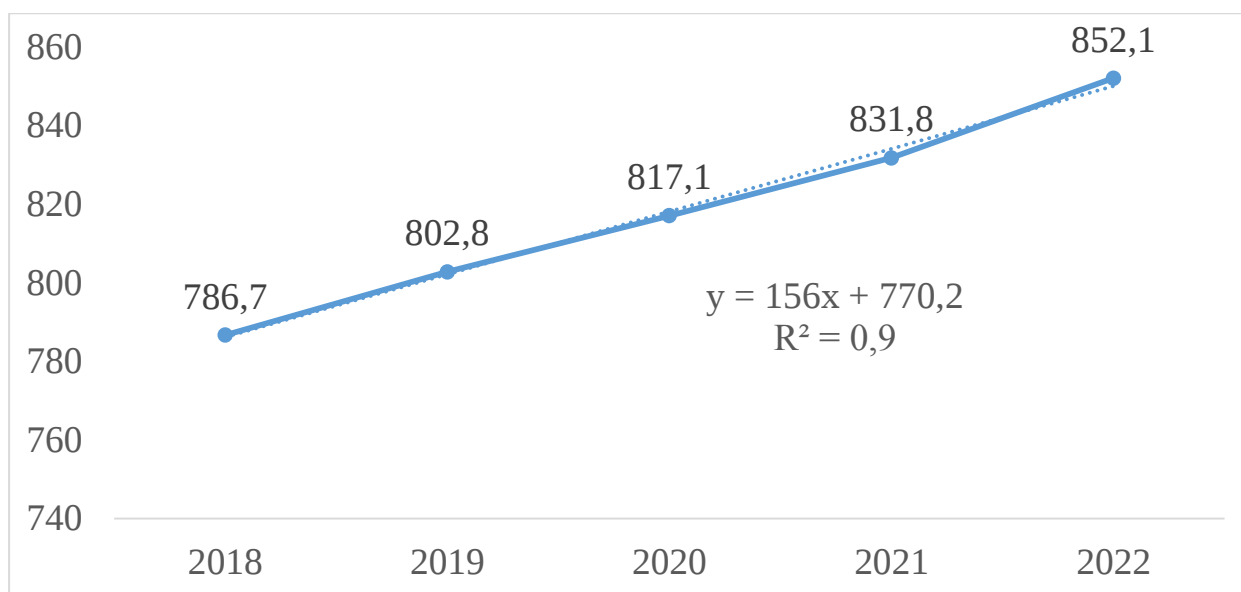


Рисунок 2.19 – Протяженность газопроводов, принадлежащих организациям Газпрома, тыс. км (составлено автором по данным источника [100])

Объем транспортировки природного газа по газораспределительным системам, принадлежащих дочерними и независимыми газораспределительными организациями Газпрома увеличился с 239,7 млрд м³ в 2018 г. до 247,4 млрд. м³ в 2022г., прирост составил 3,2% (рисунок 2.20).

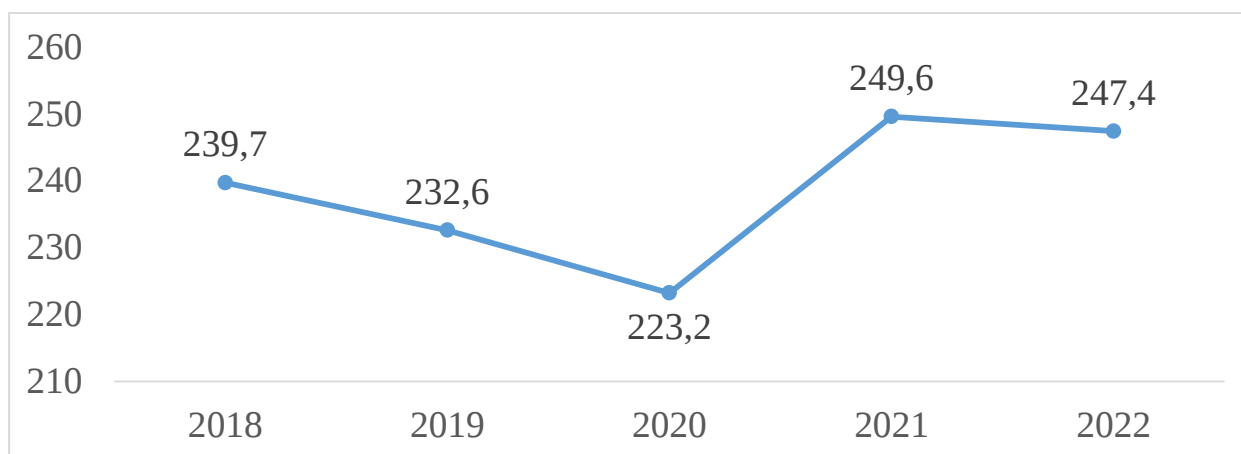


Рисунок 2.20 – Объем транспортировки природного газа по газораспределительным системам, принадлежащих организациям Газпрома, млрд м³ (составлено автором по данным источника [100])

Число потребителей газа, обслуживаемых дочерними и независимыми газораспределительными организациями Газпрома в части квартир и частных

домашних владений увеличилось с 27,7 млн. единиц в 2018 г. до 28,9 млн. единиц в 2022 г. (прирост составил 4,3%); промышленных объектов – с 32,4 тыс. единиц до 36,5 тыс. единиц (прирост составил 12,7%); сельскохозяйственных объектов – с 8,1 тыс. единиц до 9,6 тыс. единиц (прирост составил 18,5%); коммунально-бытовых объектов – с 332,6 тыс. единиц до 367,4 тыс. единиц (прирост составил 10,5%) (таблица 2.6).

Таблица 2.6 – Потребление природного газа промышленными организациями Газпрома [100]

	2018	2019	2020	2021	2022
Промышленные объекты, тыс. ед.	32,4	32,8	33,0	33,8	36,5
Сельскохозяйственные объекты, тыс. ед.	8,1	9,1	9,8	9,5	9,6
Коммунально-бытовые объекты, тыс. ед.	332,6	344,0	353,6	361,4	367,4

Таким образом, отмечается сокращение объемов добычи природного газа и замедление темпов индекса промышленного производства. В то же время объемы газа, распределенные по потребителям обслуживаемых дочерними и независимыми газораспределительными организациями Газпрома, по всем группам потребителей ежегодно увеличивается. Поступление и поставка природного газа в газораспределительной системе Газпрома также характеризуются динамикой ежегодного роста. Наибольшие объемы потребления природного газа приходились на такие отрасли, как добыча нефти, производство нефтепродуктов, производство химических веществ, минеральной продукции, металлургия, транспортировка. Отпуск населению составил 35,1% от общего объема потребления.

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. Также в работе выявлены пропорции потребления альтернативных видов топлива и использования альтернативных видов транспорта в промышленности. Результаты проведенного корреляционного анализа показывают, что наибольшее влияние на рост ресурсной эффективности транспортных подсистем промышленных предприятий оказывает закупка автомобилей на газовом оборудовании или ремоторизация имеющегося автопарка, и, соответственно, увеличение потребления сжатого природного газа в качестве моторного топлива. Данную зависимость можно выразить в виде регрессионной модели:

$$y = 7413,5 + 0,012x_1 + 19,93x_2, \quad (2.1)$$

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 сжатого природного газа в качестве моторного топлива, тыс. м³.

Решение задачи линейного программирования позволило определить оптимальные средние x_1 и x_2 для достижения максимального эффекта ресурсосбережения за счет замещения бензинового топлива природным газом. Данные оптимальные параметры могут использоваться как ориентир для промышленных предприятий, осуществляющих перевод транспортной подсистемы на газомоторное топливо.

Для нахождения параметров использован симплекс-метод, представляющий алгоритм решения оптимизационной задачи линейного программирования, сущность которого заключается в изменении линейного функционала до выполнения условий локальной оптимальности [7,8]. В общем

виде целевая функция максимизации ресурсной эффективности транспортных подсистем имеет вид:

$$Y = f(X_1, X_2) \rightarrow \max. \quad (2.2)$$

Для решения локальной задачи целевая функция имеет вид построенного ранее уравнения регрессии:

$$y = 7413,5 + 0,012x_1 + 19,93x_2, Y \rightarrow \max. \quad (2.3)$$

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. м³. Кроме того, планируемые расходы на закупку автомобилей на газовом оборудовании (x_1) линейно влияют на планы по расширению соответствующего автопарка (z_1):

$$z_1 = 13,24 + 0,0075x_1. \quad (2.4)$$

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]:

$$z_2 = 235,33 + 0,087x_2. \quad (2.5)$$

Таким образом, система ограничений целевой функции будет иметь вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} 70 \leq x_1 \leq 1700 \\ 200 \leq x_2 \leq 16000 \end{array} \right.$$

$$\begin{aligned}
 &10 \leq 13,24 + 0,0075x_1 \leq 60 \\
 (2.6) \quad &50 \leq 235,33 + 0,087x_2 \leq 1000.
 \end{aligned}$$

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 сжатого природного газа в качестве моторного топлива – 8789 тыс. м³. При данных параметрах достигается максимальная ресурсная эффективность транспортных подсистем за счет замещения бензинового топлива природным газом в 190 млн. рублей.

ВЫВОДЫ ПО ВТОРОЙ ГЛАВЕ

В процессе исследования практики организации ресурсосберегающей транспортной подсистемы производства на основе использования газомоторного топлива получены следующие результаты:

1) обоснована необходимость повышения ресурсоэффективности производства на основе интегрального подхода к управлению ресурсосбережением, ориентированного на перевод транспортной подсистемы на газомоторное топливо;

2) исследованы тенденции эксплуатации транспортной подсистемы предприятий Группы Газпром, показывающие долю автопарка на газомоторном топливе более 60%, превышение потребления сжатого природного газа над жидким топливом в 47% предприятий, приобретение в среднем одним предприятием 36 автомобилей с газовым оборудованием для производственных нужд;

3) смоделированы оптимальные параметры среднегодовых затрат на закупку автомобилей на газовом оборудовании и ремоторизацию имеющегося автопарка (623,5 млн. руб.) и потребления сжатого природного газа

в качестве моторного топлива (8789 тыс. м³) для достижения максимальной ресурсной эффективности транспортных подсистем за счет замещения бензинового топлива природным газом (190 млн. руб.).

Полученные результаты могут использоваться в качестве ориентира выбора управленческих решений в рамках промышленных производств, осуществляющих перевод транспортной подсистемы на газомоторное топливо.

3 ПРЕДЛАГАЕМАЯ СИСТЕМА ИНСТРУМЕНТОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГАЗОЗАПРАВОЧНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

3.1 Организационные особенности процессов метрологического обеспечения распределения компримированного природного газа на узлах учета

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.

Нами разработан инструментарий организационного процесса перевода обслуживающей подсистемы промышленного производства на газомоторное топливо, учитывающий новые разработки в области метрологического обеспечения на узлах учета распределения газа для целей адекватного мониторинга и контроля расхода ресурсов. Организационная модель описывает основные функции транспортного хозяйства промышленного предприятия: погрузка-разгрузка, транспортировка и экспедирование грузов (рис. 3.1). 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.



Рисунок 3.1 – Организационная модель процесса перевода обслуживающей подсистемы промышленного производства на газомоторное топливо (составлено автором)

К парку средств транспорта, работающего на жидком моторном топливе (дизельное топливо, бензин) относится безрельсовый автотранспорт, специальный технологический транспорт, а также отдельные подъемно-транспортные механизмы. 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 КППГ в транспортные средства используются газозаправочные колонки (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Тип и основные характеристики применяемых газозаправочных колонок на промышленных АГНКС ([43])

Наименование характеристики	МГПЗ – 100ПС	ЛПА-ГЗК- 221/50	DNG
Производитель	АО «МГПЗ»	ООО «НПК «Ленпромавто матика»	GRAF Италия
Диапазон измерений расхода кг/мин	от 1 до 50		от 0,2 до 60
Пределы допускаемой относительной погрешности при измерении массы сжатого природного газа, %	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$
Цена деления указателя разового учета, кг	0,01	0,01	0,01
Цена деления указателя суммарного учета, кг	0,01	0,01	0,01
Максимальная доза для индикации, кг, не более	9999,99	9999,99	9999,99

Колонка предназначена для заправки сжатым природным газом моторных транспортных средств, измерения массы отпущенного газа, вычисления объема, приведенного к стандартным условиям по ГОСТ 2939-63, а также стоимости отпущенного топлива, учет количества газа, отпускаемого потребителю, осуществляется с погрешностью измерений $\pm 1\%$ [37].

На все перечисленные в таблице газозаправочные колонки разработаны и утверждены методики поверки, определены интервалы между поверками. Методики содержат определенные требования и операции по порядку осуществления поверки, при этом при отрицательных результатах одной из операций поверка прекращается (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Операции поверки газозаправочных колонок на промышленных АГНКС ([43])

Наименование операций	Первичная поверка	Периодическая поверка
Внешний осмотр	+	+
Подготовка к определению метрологических характеристик	+	+
Опробование	+	+
Идентификация программного обеспечения	+	+
Определение относительной погрешности при измерении массы и объема, приведенного к стандартным условиям, сжатого природного газа	+	+

При этом, средства измерений, предназначенные для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта подлежат первичной поверке, а в процессе эксплуатации – периодической поверке. Поверку средств измерений осуществляют аккредитованные в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной

системе аккредитации на проведение поверки средств измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели [51].

При поверке колонок применяются соответствующие средства поверки (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Перечень средств поверки газозаправочных колонок на промышленных АГНКС ([44])

Наименование	Основные характеристики, необходимые для поверки
Весы	ГОСТ Р 53228-2008 «Весы неавтоматического действия. Часть 1 Метрологические и технические требования. Испытания». 1. При поверке в рабочих условиях (на объекте) природным газом с рабочим давлением: предел взвешивания 150 кг ¹ , класс точности III (средний). 2. При поверке в лабораторных условиях азотом с давлением 10-12 МПа6 предел взвешивания 30 кг ² , класс точности III (средний).
Меры массы общего назначения (при использовании гиревых весов)	ГОСТ OIML R 111-1-2009 «Государственная система обеспечения единства измерений. Гири классов E ₁ , E ₂ , F ₁ , F ₂ , M ₁₋₂ , M ₂ , M ₂₋₃ и M ₃ . Часть 1 метрологические и технические требования».
Термометр ртутный стеклянный лабораторный	ГОСТ 28498-90 «Термометры жидкостные стеклянные. Общие требования. Методы испытаний».
Барометр	Кл. А Погрешность ± 20 кПа
Манометр	Верхний предел измерений 25 МПа; Класс точности 0,4
Баллон, газовый оснащенный вентилем	ГОСТ Р 51753-2001 «Баллоны высокого давления для сжатого природного газа, используемого в качестве моторного топлива на автомобильных транспортных средствах. Общие технические условия». 1. При поверке в рабочих условиях (на объекте) природным газом с рабочим давлением: Объем 80-100 дм ³ , тип 2 или 3. 2. При поверке в лабораторных условиях азотом с давлением 10-12 МПа: Объем 40 дм ³ , тип 4
Заправочное устройство автомобильное (пневморазъем)	ОСТ 37.001.657-99 «Расходно-наполнительное и контрольно-измерительное оборудование. Общие технические требования и методы испытаний»

Допускается применение и других средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых колонок с требуемой точностью. Средства поверки должны быть поверены и иметь действующие свидетельства о поверке.

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

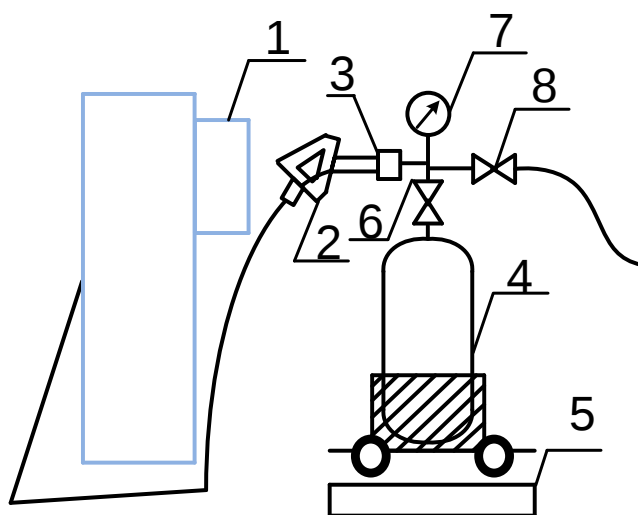
- относительная влажность окружающего воздуха от 30 % до 98 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа;
- температура окружающей среды при поверке от -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$;
- измеряемая среда – газ по ГОСТ 27577-2000 «Газ природный топливный компримированный для двигателей внутреннего сгорания», азот.

Методика поверки системы измерения количества компримированного газа, отпускаемого на промышленных АГНКС, согласно Методике поверки МП 87-221-2015 ФГУП «УНИИМ» г. Екатеринбург [43], включает следующие этапы:

- 1) доставка на производство баллона с гидравлическим объемом 100 л (100 дм^3) или двух баллонов гидравлическим объемом 50 л (50 дм^3) каждый и эталонных весов;
- 2) взвешивание пустых баллонов на эталонных весах;
- 3) присоединение баллонов к газозаправочным колонкам промышленных АГНКС;
- 4) проверка герметичности газозаправочных колонок;
- 5) заполнение баллонов КПП до давления 19,6 МПа (200 кгс/см^2);
- 6) взвешивание заполненных баллонов;
- 7) расчет погрешности измерений по результатам взвешивания пустого и заполненного баллонов и показаний дисплея газозаправочных колонок;
- 8) дегазация (сброс газа в атмосферу) баллона до атмосферного давления.

Операции по заполнению, взвешиванию заправленных баллонов, выполнению расчетов и дегазации при проведении поверки проводятся не менее 3 раз.

Схема подключения газораспределительной колонки для проведения операций в целях подтверждения соответствия средств измерений метрологическим характеристикам представлена на рисунке 3.2.



- 1 – поверяемая газораспределительная колонка
- 2 – кран раздаточного рукава
- 3 – заправочное устройство (метан) EmerVALC450/OMB 698U6GGQ
- 4 – баллон
- 5 – весы
- 6 – вентиль
- 7 – манометр
- 8 – вентиль

Рисунок 3.2 – Схема подключения газораспределительной колонки для проведения операций по соответствию средств измерений метрологическим характеристикам ([44])

Также известна методика поверки колонок газозаправочных МП-002/04-2017 для колонок газозаправочных КЗГТ-КСМ и КЗГТ-КСМ-ПАГЗ, разработанная ООО «ПРОММАШ ТЕСТ» г. Москва [43]:

1) доставка на промышленные АГНКС баллона гидравлическим объемом 100 л (100 дм³) или двух баллонов гидравлическим объемом 50 л (50

дм³) каждый и эталонных весов;

взвешивание пустых баллонов на эталонных весах;

3) присоединение баллонов к газозаправочной колонке АГНКС;

4) проверка герметичности газозаправочной колонки;

5) заполнение баллонов компримированного газа до давления 19,6 МПа (200 кгс/см²);

6) взвешивание заполненных баллонов;

7) расчет погрешности измерений по результатам взвешивания пустого и заполненного баллонов и показаний дисплея газозаправочной колонки;

8) дегазация (сброс газа в атмосферу) баллона до атмосферного давления.

Операции по заполнению, взвешиванию заправленных баллонов, выполнению расчетов и дегазации при проведении поверки проводятся не менее 3 раз.

Основную относительную погрешность измерений метрологических характеристик вычисляют по формуле:

$$\delta = \frac{M_k - M_э}{M_э} \times 100\% \quad (3.1)$$

где M_k – показания индикатора колонки, кг.;

$M_э$ – масса газа в баллоне, измеренная эталонными весами, кг.

Данные о проверке оформляют протоколом, где положительные результаты вносятся в паспорт, удостоверенный подписью поверителя с нанесением знака поверки. При отрицательных результатах поверки выписывается «Извещение о непригодности к применению» в соответствии с приказом Минпромторга России от 02 июля 2015 года № 1815 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверки».

Недостатком известных методик поверки является необходимость стравливания КПП из баллона в атмосферу после проведения каждой операции заполнения и взвешивания баллона. Также существующими методиками поверки предусматривается трехкратное проведение сравнительных измерений на каждой ГЗК, а межповерочный интервал составляет один раз в год, объемы стравливаемого в атмосферу КПП составляют порядка 60 м³ КПП на одну ГЗК.

Учитывая, что ориентировочное количество ГЗК на каждой АГНКС составляет от 4 до 6 ед., а общее количество АГНКС в Российской Федерации порядка 600 ед., суммарный объем стравливания КПП при проведении поверок на АГНКС достигает 150 000 м³/год. Также, имеется необходимость доставки на АГНКС баллонов и весов, имеющих значительную массу, что подразумевает дополнительные транспортные расходы и не исключает возможность получения травмы рабочего персонала при проведении погрузочно-разгрузочных работ. На время проведения поверки по заполнению баллона КПП требуется вывод из эксплуатации, поверяемой ГЗК, что может привести к простою АГНКС.

3.2 Разработка методики и инструментария мониторинга состояния метрологического обеспечения процессов распределения природного газа

Актуальной проблемой современных промышленных производств является, необходимость точного учета сырьевых и продуктовых потоков, что обуславливает рост объемов продаж приборов для измерения расхода. Для многих отраслей экономики, применяемых в машиностроении, металлургии, на транспорте, коммунальном хозяйстве и особенно нефтегазовой промышленности информация о расходе вещества требуется в единицах массы. Потребителями массовых расходомеров и счетчиков расхода является также химическое производство, где в ходе химико-технологических процессов необходим учет масс реагентов, вступающих в

реакции и готовых продуктов. Массовые расходомеры впервые были применены в авиации при исследовании и эксплуатации двигателей летательных аппаратов, где первостепенное значение имеют энергомассовые расходомеры [92,95].

Возросшие требования к качеству измерения расхода на узлах коммерческого учёта вызывают необходимость замены ряда устаревших приборов измерения на более современные. Новое оборудование должно отвечать жёстким требованиям по точности измерений и по степени разрушающего механического воздействия на измеряемую среду. С учетом этого наиболее перспективными оказываются кориолисовы расходомеры.

Широкая область возможного применения обуславливает разнообразие сред, измерение массового расхода которых необходимо проводить. Измеряемые среды различаются по их физико-химическим свойствам: агрессивные и нейтральные, электро- и неэлектропроводные, жидкие (нефтепродукты, химические реактивы и щелочи, криогенные среды) и газообразные (природный и инертные газы, воздух, пар и др.), подаваемые по трубопроводам при различных статических давлениях. Обзор реально работающих расходомеров показал, что величины измеряемых расходов могут составлять по жидкостям от долей литров (граммов) до нескольких тысяч килограммов в час, а по газам до сотен тонн в час. Дополнительной информацией к текущему и суммарному массовому расходу определяется данные по плотности, температуре и концентрации измеряемой среды [51,32].

При учете расхода газа к применению допускаются средства измерений утвержденного типа, прошедшие поверку в соответствии с положениями Федерального закона об обеспечении единства измерений, а также обеспечивающие соблюдение установленных законодательством Российской Федерации об обеспечении единства измерений. В состав обязательных требований к средствам измерений включаются также требования к их

составным частям, программному обеспечению и условиям эксплуатации средств измерений.

Учет природного газа проводится для стандартных условий, следовательно, все узлы учета газа должны быть оснащены [4]:

- счетчиком (первичным преобразователем);
- датчиком температуры;
- датчиком давления;
- вычислителем (корректором) объема газа.

Стандартными условиями для природного газа являются: температура 20 °С (293,15 °K), давление 760 мм рт. ст. (101325 Н/м).

Все измерения при учете расхода газа должны выполняются по аттестованным методикам измерений. Проверку соответствия средств измерений узла учета газа проводит аккредитованная в соответствующем порядке организация, результатом проверки является «Акт проверки состояния и применения средств измерений и соблюдения требований методики измерений».

Основными методами исследования являются анализ нормативных и регламентирующих документов, сравнительный анализ методов и способов организации процессов распределения газа, метод системного проектирования способа измерения расхода ресурсов. Для повышения качества процесса распределения газомоторного топлива на промышленных предприятиях в качестве средства измерения количества отпускаемых ресурсов используются кориолисовые массомеры различных типов. (рисунок 3.3).

В данных приборах производится измерение массового расхода и плотности прямым методом, и объемного расхода методом пересчета. Погрешности измерений массы газа в кориолисах определяются в пределах $\pm 0,5 \%$, при этом пределы суммарной относительной погрешности измерений массы сжатого газа, отпускаемого газораздаточной колонкой, составляет $\pm 1 \%$.

Учет расхода природного газа осуществляется в единицах объема, следовательно, для учетной операции и сведения баланса следует пересчитать массу газа в объём, приведенный к стандартным условиям:

$$V = \frac{M}{\rho_0}, \quad (3.2)$$

где V – объем отпущенного газа, м³; M – масса отпущенного газа, кг; ρ_0 – плотность газа в стандартных условиях, кг/м³.

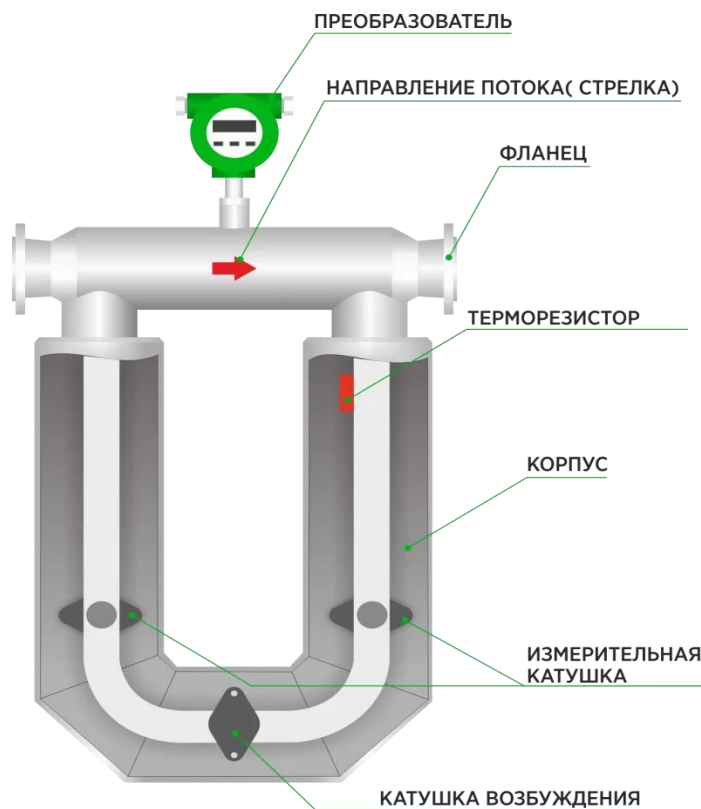


Рисунок 3.3 – Устройство массового кориолисового расходомера [92]

С учетом вариации плотности, например, при отпуске 10 кг компримированного природного газа его объем может находиться в пределах от 11,4 до 22,7 ст.м³ [34].

Основную относительную погрешность при учете расхода природного газа вычисляют по формуле:

$$\sigma = \frac{M_k - M_э}{M_э} * 100 , \quad (3.3)$$

где σ – погрешность при учете расхода природного газа, %; M_k – показания индикатора колонки, кг.; $M_э$ – масса газа в баллоне, измеренная эталонными весами, кг.

Информационная база исследования основана на серии национальных стандартов по использованию, средствам эксплуатации и метеорологическому обеспечению работ с природным газом [34,35,36,37,38,39], нормативных документов в части полезного использования природного газа, государственного регулирования обеспечения единства измерений [40,41,43,44] и прочих аспектов управления качеством процессов распределения газа для целей моторного топлива на промышленных предприятиях.

Принцип работы массомера основан на базовом физическом явлении появления ускорения при движении среды в вибрирующей трубке. В результате возникают силы, закручивающие трубку, так как во входной половине трубки сила, действующая со стороны среды, препятствует ее смещению, а в выходной способствует. Это приводит к появлению разности фаз колебаний, подводящей и отводящей труб сенсора.

Данный принцип называется эффектом Кориолиса. Первичный преобразователь состоит из корпуса с фланцами, делителей потока и двух измерительных трубок. На измерительных трубках расположены генераторная катушка возбуждения, создающая колебания и измерительные катушки. Катушки расположены на одной трубке, магниты – на второй. Для обеспечения необходимой точности измерительные трубки подбираются на этапе изготовления парами по массе и собственным частотам колебания. После прохождения измерительной камеры потоки собираются во втором делителе. Измеряемая среда выходит через второй фланец в трубопровод.

При отсутствии расхода на измерительных катушках формируются одинаковые по фазе сигналы. При движении среды по трубкам происходит

смещение фаз сигналов от измерительных катушек, вследствие закручивания колеблющихся трубок.

Сдвиг фаз фиксируется и обрабатывается электронным преобразователем в результате чего датчик получает данные о массовом расходе. Также на измерительных трубках расположен датчик температуры, информация от которого применяется для автоматической корректировки данных расхода и плотности, если температура жидкости или газа меняется. Частота колебаний измерительных катушек пропорциональна плотности среды. Таким образом, учет массового расхода, массы, плотности и температуры происходит прямым методом. Измерение объема и объемного расхода происходит косвенным методом, путем пересчета по алгоритмам, заложенным в процессор электронного преобразователя.

Преобразователь конвертирует полученную с сенсора информацию в стандартный выходной сигнал. Измеряемая среда, поступающая в сенсор, разделяется на равные половины и протекает через каждую из сенсорных трубок. Движение задающей катушки приводит к тому, что трубки колеблются вверх-вниз в противоположном направлении друг к другу.

Сборки магнитов и катушек-соленоидов, называемые детекторами, установлены на сенсорных трубках. Катушки смонтированы на одной трубке, магниты на другой. Каждая катушка движется сквозь однородное магнитное поле постоянного магнита. Сгенерированное напряжение от каждой катушки детектора имеет форму синусоидальной волны. Эти сигналы представляют собой движение одной трубки относительно другой.

Преимущества применения кориолисовых расходомеров позволяющие его использование в качестве эталонного прибора:

- высокая точность измерений параметров;
- корректная работа вне зависимости от направления потока;
- не требуются прямолинейные участки трубопровода до и после расходомера;

- надёжная работа при наличии вибрации трубопровода, при изменении температуры и давления рабочей среды;
- длительный срок службы и простота обслуживания благодаря отсутствию движущихся и изнашивающихся частей;
- не требуется регулярная перекалибровка и техническое обслуживание;
- измерение расхода сред с высокой вязкостью.

3.3 Разработанная модель процесса поверки приборов учета газа на газозаправочных колонках сети АГНКС ООО «Газпром газомоторное топливо»

Альтернативной заменой АГНКС являются передвижные автомобильные газовые заправщики типа ПАГЗ, которые выполняют функцию приближения заправок компримированного природного газа к потребителям.

С применением ПАГЗ различной вместимости появилась возможность заправки транспортных средств КПП в местах, не оборудованных стационарными АГНКС. ПАГЗ разделяют на активные и пассивные. Пассивные ПАГЗ – газовые заправщики без компрессорного оборудования. Используются для перевозки сжатого газомоторного топлива (компримированного природного газа) от АГНКС до объектов, не имеющих собственных источников газа. Заправка газомоторного транспорта с помощью таких комплексов происходит путем естественной (пассивной) перекачки за счёт разницы давлений между ПАГЗ и газовой ёмкостью транспортного средства. для повышения эффективности разгрузки ПАГЗ также можно использовать специальное оборудование – модуль разгрузки ПАГЗ (рисунок 3.4).

Активные ПАГЗ имеют на борту дожимной компрессор, позволяющий заправлять автотранспорт газомоторным топливом. Активные ПАГЗ,

выполняя роль стационарной газовой заправочной станции, могут подключаться к источнику газа. По сути, активная ПАГЗ – это автомобильная газонаполнительная компрессорная станция на шасси. Также активный ПАГЗ может загружать и разгружать пассивные ПАГЗы. Обозначение передвижного автогазозаправщика – ПАГЗ-5000-24,5-3-CH₄, ТУ 4859-002-90095671-2015.

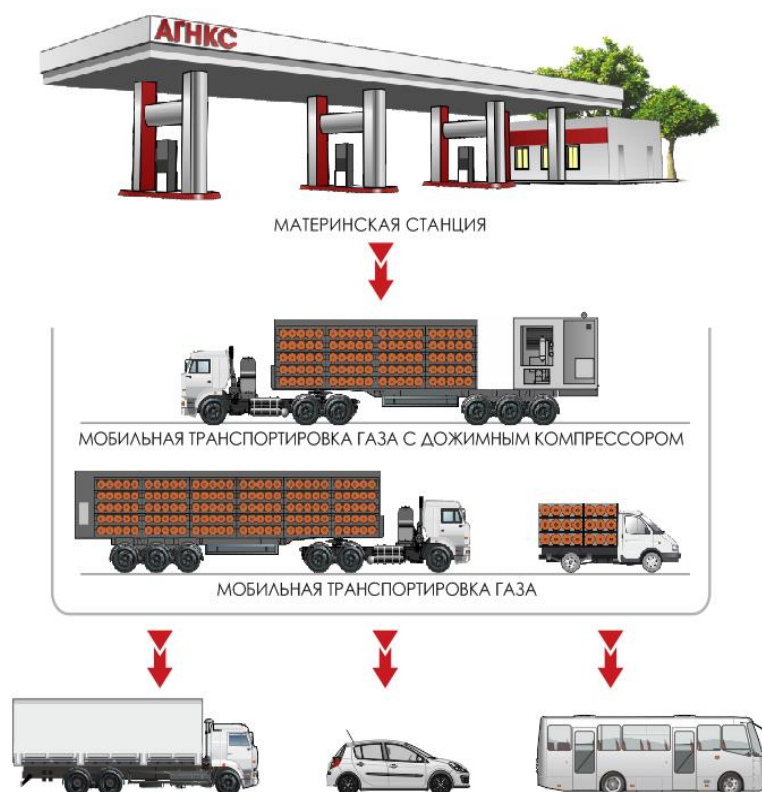


Рисунок 3.4 – Схема передвижного автомобильного газового заправщика типа ПАГЗ (составлено автором)

Расшифровка условного обозначения ПАГЗ-5000-24,5-3-CH₄:

- ПАГЗ – передвижной автогазозаправщик;
- 5000 – объем газа в баллонах, нм³;
- 24,5 – рабочее давление в баллонах, МПа;
- 3 – количество функциональных секций;
- CH₄ – название рабочей среды – природный газ.

ПАГЗ предназначен для периодической заправки его баллонов природным газом, сжатым до избыточного давления 24,5 МПа (250 кгс/см²) от автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС), транспортирования газа и заправки им транспортных средств (ТС), использующих природный газ в качестве моторного топлива.

Заправка ТС производится до избыточного давления 19,6 МПа (200 кгс/см²). ПАГЗ представляет собой газобаллонную установку (ГБУ), размещенную в контейнере на платформе полуприцепа (рисунок 3.5).

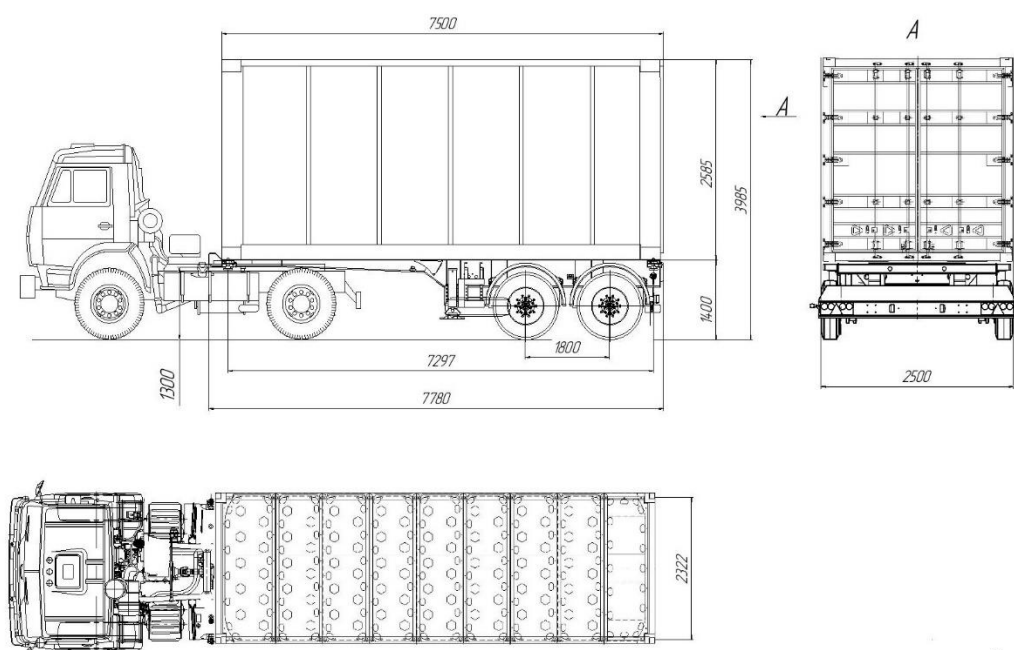


Рисунок 3.5 – Общий вид ПАГЗ-5000-24,5-3-CH₄ (составлено автором)

ПАГЗ должен эксплуатироваться в климатическом исполнении «У» категории размещения «2» по ГОСТ 15150-69, но для работы при температуре окружающего воздуха от минус 40 до плюс 40°С. При понижении температуры ниже минус 40°С заправщик должен быть освобожден от газа или поставлен в помещение, оборудованное соответствующей вентиляцией с более высокой температурой.

На рисунке 3.6 представлена схема размещения оборудования ПАГЗ-5000-24,5-3-CH₄. ПАГЗ предназначен для эксплуатации с тягачом,

конструкция которого допускает буксировку заправщика соответствующей массы, имеющим седельно-цепное устройство по ГОСТ 28247-89, электровывод по ГОСТ 9200-76, пневмоприводы системы привода тормозов, выполненные по двухпроводной схеме в соответствии с ГОСТ 4364-81. Тягач должен быть специально оборудован для перевозки опасных грузов. Управление выдачей газа с ПАГЗ производится оператором с колонки газораздаточной.

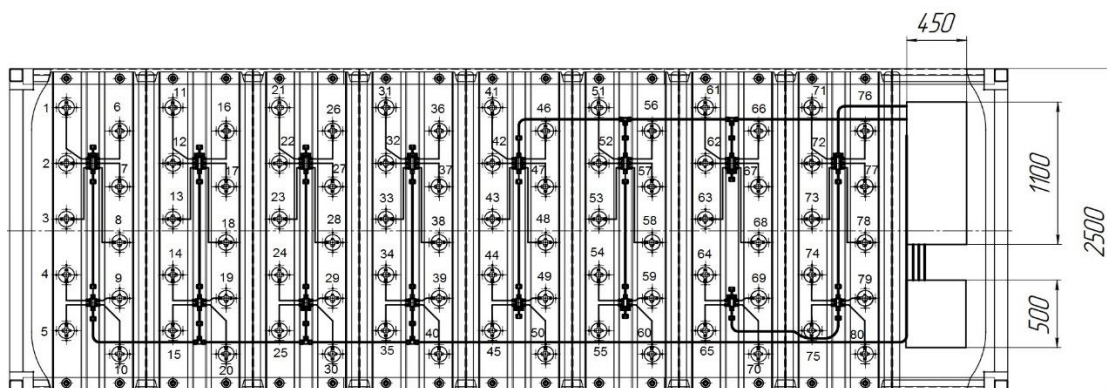


Рисунок 3.6 – Схема размещения оборудования ПАГЗ-5000-24,5-3-CH₄
(составлено автором)

Таблица 3.4 – Технические характеристики ПАГЗ 5000 (перевозимый газ – природный газ (метан) по ГОСТ 27577-2000) (составлено автором по материалам [85])

Наименование показателя	Значение показателя
Объем перевозимого сжатого газа, отнесенный к нормальным условиям (0,1 МПа и 20°C), нм ³	5000
Вместимость баллонов, л	16800
Максимальное избыточное давление в системе газового оборудования, МПа (кгс/см ²)	24,5 (250)
Давление заправки ТС, МПа (кгс/см ²)	19,6 (200)
Количество функциональных секций ПАГЗ	3
Баллон – БВД 210.24.5.405-2 ТУ 2296-002-90095671-2015:	405
диаметр, мм	
длина, мм	2300
объем геометрический	210

Наименование показателя	Значение показателя
масса баллона, кг	150
масса баллона с газом, кг	193
Общее количество баллонов, шт.	80
Количество одновременно заправляемых ТС	1
Коэффициент опорожнения баллонов ПАГЗ, не менее: при пассивной заправке ТС	0,65
при работе с дожимающим компрессором	0,90
Масса ГБУ ПАГЗ, кг, не более: без газа	13100
с газом	16600
Спецконтейнер – Open Top, масса, кг	4640
Масса ПАГЗ с газом и контейнером, кг	21240
Габаритные размеры контейнера, не более, мм: длина	– 7 500
ширина	2500
высота	2585
Полуприцеп РостТрак (ООО «РосТрак»): масса снаряженная, кг	3500
погрузочная высота, мм	1400
длина габаритная, мм	7780
Высота ПАГЗ с контейнером и полуприцепом, мм	3985
Общая масса ПАГЗ, заправленного газом объемом 5000 нм ³ с контейнером и полуприцепом не более, кг	24740
Время заправки ТС газом объемом 60 нм ³ , не более, мин.	10
Максимальное время заправки ПАГЗ на АГНКС до давления 24,5 МПа, ориентировочно, час.	3...4

Автором разработана организационно-техническая модель процесса контроля количества и качества, потребляемого на промышленном производстве природного газа. На рисунке 3.7 представлена схема. Передвижной автомобильный газовый заправщик, включающий транспортное средство (1), заправочный узел (2), трубопроводную обвязку (3), блок баллонов (5), узел выдачи КПП потребителю (6), отличающийся тем, что непосредственно после заправочного узла установлен блок эталонного счетчика (4), с помощью которого проводится поверка системы коммерческого учета (7) газозаправочной колонки автомобильной

газонаполнительной компрессорной станции (далее – АГНКС) в процессе заправки ПАГЗ компримированным природным газом.

В ходе заправки ПАГЗ компримированным природным газом или по его окончанию, показания блока эталонного счетчика сравниваются с показаниями системы коммерческого учета газозаправочной колонки АГНКС и, в случае обнаружения недопустимых отклонений, проводится необходимая корректировка системы коммерческого учета газа.

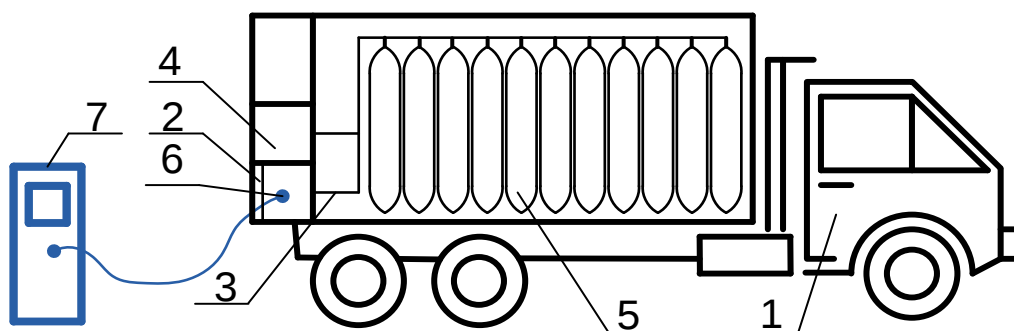


Рисунок 3.7 – Принципиальная схема формулы полезной модели
(составлено автором)

Модель, разработанная и запатентованная автором относится к области использования природного газа в качестве моторного топлива, конкретно к передвижным автомобильным газовым заправщикам (далее – ПАГЗ), предназначенным для транспортировки, кратковременного хранения и реализации газообразного моторного топлива – компримированного природного газа (далее – КПГ) потребителям (газобаллонные транспортные средства (далее – ГБТС), использующие КПГ в качестве моторного топлива).

Альтернативная модель передвижного автомобильного газового заправщика (патент РФ № 179903 от 28.05.2018 С.П. Семенищев, В.П. Глухов, П.Г. Килин, Р.В. Попов) включающая в себя установку газобаллонную, размещенную в контейнере на полуприцепе, включает три секции баллонов различной вместимости. Газобаллонная установка заправщика содержит устройства заправки ее баллонов компримированным

природным газом давлением 24,5 МПа, устройства для подключения к стационарным колонкам газораздаточным для заправки транспортных средств, устройство для подключения дожимающего компрессора. В секциях баллоны объединены основными и дополнительными трубопроводными обвязками на давление 24,5 МПа с контрольной и предохранительной арматурой. Наличие дополнительных трубопроводных обвязок обеспечивает повышенную пропускную способность при выдаче газа потребителям. Основные и дополнительные трубопроводные обвязки выполнены трубами с диаметром условного прохода не более 10 мм. Это облегчает монтаж обвязок, повышает их качество и надежность. Газозаправщик позволяет заправлять транспортные средства через стационарные газозаправочные колонки и напрямую с коэффициентом опорожнения баллонов 0,65, а при наличии стационарного дожимающего компрессора на месте заправки с коэффициентом опорожнения баллонов не менее 0,90.

Наиболее близкой к предлагаемой полезной модели является, на наш взгляд, передвижной автомобильный газовый заправщик (патент РФ № 136526 от 10.01.2014 А.В. Ваккер, А.В. Холоднов) – прототип. Данная модель включает транспортное средство, трубопроводную обвязку, трехсекционный блок газовых баллонов, что позволяет проводить ступенчатую заправку автотранспорта, а также узел для заполнения газовых баллонов КПП из внешнего источника и узел заправки потребителя.

Также известны методики поверки систем коммерческого учета газа, установленные на газозаправочных колонках АГНКС («Система измерения количества компримированного газа, отпускаемого АГНКС. Методика поверки МП 87-221-2015», «Колонки автозаправочные компримированного природного газа ЛПА-ГЗК. Методика поверки ЛПА-99.002Д22») и включающие в себя следующие функциональные действия:

1. Доставка на АГНКС баллона гидравлическим объемом 100 литров или двух баллонов гидравлическим объемом 50 литров каждый и эталонных весов;

2. Взвешивание пустых баллонов;
3. Присоединение баллонов к ГЗК АГНКС и проверка герметичности;
4. Заполнение баллонов компримированным природным газом до давления 19,6 МПа;
5. Взвешивание заполненных баллонов;
6. Расчет погрешности измерений согласно результатам взвешивания пустых и заправленных баллонов и показаний табло (дисплея) ГЗК;
7. Дегазация (сброс газа в атмосферу) баллонов до атмосферного давления.

Работы по пунктам 4,5,6,7 проводятся не менее 3-х раз.

Недостатками рассмотренных моделей ПАГЗ является невозможность использования закачиваемого объема КППГ для выполнения поверки систем коммерческого учета на АГНКС.

Недостатками вышеупомянутых методик поверки систем коммерческого учета газа являются:

1. Необходимость доставки на АГНКС баллона и весов, имеющих значительный вес, что подразумевает транспортные расходы, а также не исключает возможность получения травмы рабочего персонала при проведении погрузочно-разгрузочных работ.

2. Необходимость стравливания компримированного природного газа – моторного топлива в атмосферу после проведения каждой операции заполнения и взвешивания баллона. Так как существующими методиками поверки предусматривается трехкратное проведение сравнительных измерений на каждой колонке, а межповерочный интервал составляет один раз в год, объемы стравливаемого КППГ в атмосферу составляют порядка 60 м³ КППГ на одну газозаправочную колонку. Учитывая, что ориентировочное количество ГЗК на каждой АГНКС составляет от 4 до 6 ед., а общее количество АГНКС в РФ – 600 ед., суммарный объем стравливания КППГ при проведении поверок на АГНКС достигает 150 000 м³/год.

3. Необходимость вывода из эксплуатации газозаправочной колонки на время проведения поверки по заполнению баллона КПП, что может привести к образованию очереди из ГБТС на АГНКС из-за сокращения количества действующих заправочных постов.

Измерение расхода и количества потребляемого энергоресурса – природного газа, согласно Постановлению Правительства РФ от 16.11.2020 г. № 1847, входит в сферу государственного регулирования по обеспечению единства измерений, подразумевает выполнение необходимого объема работ по метрологическому обеспечению коммерческих узлов учёта газа, в том числе, установленных на газозаправочных колонках.

Технический результат предлагаемой полезной модели передвижного автомобильного газового заправщика, включающей транспортное средство, заправочный узел ПАГЗ, трубопроводную обвязку, блок газовых баллонов, узел выдачи КПП потребителю, отличающийся от прототипа тем, что непосредственно после заправочного узла ПАГЗ установлен блок эталонного счетчика, с помощью которого проводится поверка системы коммерческого учета газозаправочной колонки АГНКС и исключается проведение функциональных действий по периодической поверке с использованием весов, баллонов и дегазации (сброса КПП в атмосферу). В процессе заправки ПАГЗ на АГНКС или по его окончании показания блока эталонного счетчика сравниваются с показаниями системы коммерческого учета газозаправочной колонки АГНКС и, в случае обнаружения недопустимых отклонений, проводится необходимая корректировка системы коммерческого учета газа. Необходимость выполнения, требуемого количества замеров при поверке во время заправки ПАГЗ реализуется перекрытием запорной арматуры на газозаправочной колонке АГНКС.

Наличие блока эталонного счетчика на ПАГЗ никоим образом не препятствует реализации основных функций ПАГЗ как средства по транспортировке, кратковременному хранению и выдаче КПП потребителю.

Предлагаемая модель содержит следующее основное технологическое оборудование, входящее в состав ПАГЗ (рисунок 3.8):

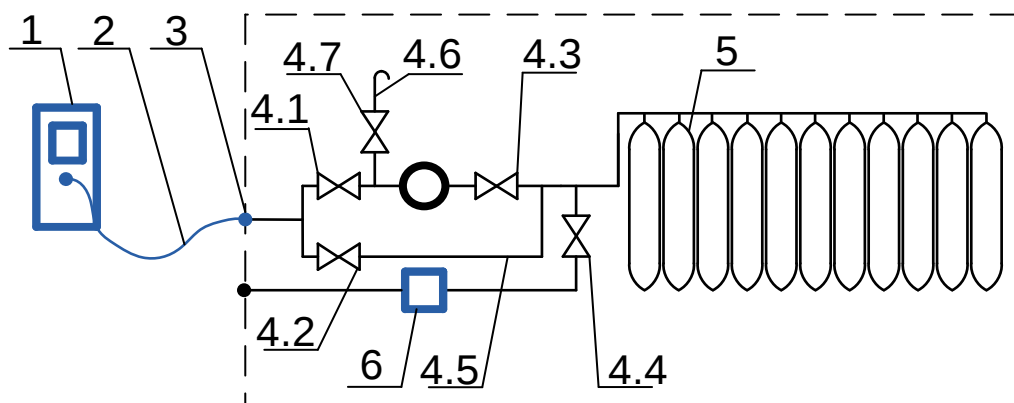


Рисунок 3.8 – Принципиальная схема предлагаемой модели процесса поверки приборов учета газа на газозаправочных колонках (составлено автором)

- 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 КППГ потребителю.

Заявляемая полезная модель позволяет снизить затраты владельцев АГНКС на эксплуатацию станции за счет сокращения финансовых и временных затрат на проведение поверки систем коммерческого учета и исключить сброс компримированного природного газа (готового моторного топлива) в атмосферу.

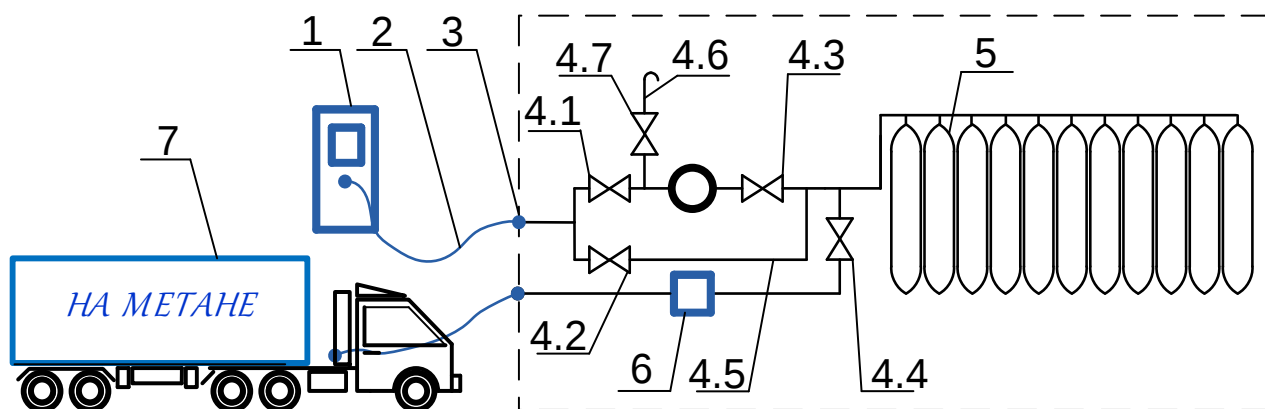


Рисунок 3.9 – Схема работы полезной модели предлагаемой модели процесса поверки приборов учета газа на газозаправочных колонках
(составлено автором)

Разработанный способ организации процесса распределения газомоторного топлива в рамках газозаправочной инфраструктуры промышленного предприятия позволяет существенно повысить качество работ транспортных подсистем предприятий, в частности:

- повысить качество контроля расхода газа за счет увеличения точности измерения на основе предложенного способа метрологического обеспечения
- исключить простой производственного транспорта ввиду бесперебойной работы заправщика в условиях метрологической поверки и калибровки систем учета газа;
- повысить достоверность передачи единицы измерений расхода газа от эталона рабочему средству измерений;

– предоставить возможность учета сезонности потребления ГМТ, что позволяет повысить качество планирования затрат на функционирование обслуживающей подсистемы предприятия.

ВЫВОДЫ ПО ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ

Исследование проблем организации и повышения качества процессов распределения газомоторного топлива для обеспечивающих подсистем промышленных предприятий позволило получить в третьей главе диссертации следующие научно-практические результаты:

1. В рамках повышения производственной ресурсной эффективности обоснована целесообразность перехода обслуживающих подсистем промышленных предприятий (транспортная подсистема, складское хозяйство) на газомоторное топливо ввиду его более низкой стоимости, наличия магистральных и распределительных газопроводов, снижения воздействия на окружающую среду продуктов сгорания, увеличения ресурса работы моторного двигателя по сравнению с использованием бензинового и дизельного топлива.

2. Обобщены существующие подходы и методики поверки газозаправочных колонок при использовании газомоторного топлива, определены операции первичной и периодической поверок газозаправочных колонок, структурировано специализированное оборудование для поверки газозаправочных колонок на промышленных предприятиях. Выявлены недостатки известных методик поверки газозаправочных колонок, заключающиеся в необходимости стравливания газа из баллонов в атмосферу после проведения каждой операции заполнения и взвешивания баллонов, необходимости доставки на газонапорные станции тяжеловесных баллонов и весов, а также необходимости вывода из эксплуатации газозаправочных колонок при проведении поверки по заполнению баллонов.

3. 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.

4 ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ МОДЕЛИ ТРАНСПОРТНОЙ ПОДСИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

4.1 Апробация модели «Передвижной автомобильный газовый заправщик» на примере обслуживающего производства ПАО «Газпром»

Модель «Передвижной автомобильный газовый заправщик» рассмотрена и одобрена Средневолжским филиалом ООО «Газпром газомоторное топливо» эксплуатирующим 27 АГНКС по республике Татарстан (420 АГНКС в РФ), а также ООО «Газпром трансгаз Казань» эксплуатирующим 2 ед. ПАГЗ – 5000 (72 ПАГЗ в дочерних Обществах ПАО «Газпром»). Службами метрологического обеспечения указанных Обществ подтверждена эффективность внедрения данной разработки.



Рисунок 4.1 – Процесс опробования ПАГЗ-5000 на АГНКС Шемордан -1
ООО «Газпром трансгаз Казань»

В качестве эталонного средства измерения предусматривается применение счетчика-расходомера массового ЭЛМЕТРО-Фломак (далее – расходомер) (изготовитель Общество с ограниченной ответственностью

«ЭлМетро Групп», г. Челябинск, E-mail: info@elmetro.ru Web-сайт: www.elmetro.ru) предназначены для измерения:

- массового расхода, массы, температуры жидкости и газов;
- плотности, объемного расхода, объёма жидкостей.

Принцип измерения массового расхода основан на эффекте кориолисовых сил, действующих на поток среды, двигающейся по тонкостенной трубке, испытывающей поперечные колебания с частотой вынуждающей силы, создаваемой катушкой индуктивности при пропускании через неё электрического тока заданной частоты. Силы Кориолиса, приложенные к двум половинам вибрирующей части трубки, тормозят движение первой по потоку половины и ускоряют движение второй. Возникающая вследствие этого разность фаз колебаний двух половин трубки, пропорциональная массовому расходу, регистрируется индукционными датчиками.

Результаты измерений массового расхода не зависят от плотности, вязкости, наличия твердых частиц, режимов протекания измеряемой среды. Колебания трубок возбуждаются на основной резонансной частоте системы. Функциональная зависимость резонансной частоты от плотности среды калибруется при изготовлении прибора. На основе данных калибровки, хранимых в энергонезависимой памяти прибора, измеряемый в процессе работы период колебаний пересчитывается в значение плотности рабочей среды.

Объемный расход вычисляется по данным измерений массового расхода и плотности. В состав расходомеров входят следующие компоненты:

- первичный преобразователь массового расхода (далее – Датчик);
- электронный преобразователь (далее – ЭП).

Датчик (различные исполнения датчика представлены на рисунке 4.2 устанавливается в трубопровод и преобразует параметры процесса (расход, плотность, температуру) в электрические сигналы, которые поступают в ЭП.

ЭП производит обработку сигналов с датчика и выдает результат на встроенный индикатор, обеспечивает интегрирование расходов (функция счетчика) и формирует выходные сигналы следующих типов: частотные, импульсные, дискретные, токовые от 4 до 20 мА, цифровые.



Рисунок 4.2 – Датчик расходомера

Выходные интерфейсы варьируются в зависимости от исполнения ЭП. Кроме того, ЭП обрабатывает управляющие сигналы, которые поступают на дискретные входы, и обеспечивает связь с внешними ведущими устройствами по цифровому интерфейсу RS-485 (протокол Modbus RTU) или HART. ЭП через внешние интерфейсы может получать информацию о давлении измеряемой среды и осуществлять компенсацию влияния давления на показания расхода и плотности.

В расходомерах реализована функция самодиагностики состояния расходомера SMART Care System, основанная на комплексном анализе изменения механических и электрических свойств компонентов расходомера, влияющих на точность измерения. Встроенная функция SMART Care System осуществляет раннее обнаружение дефектов, а также позволяет проводить имитационную поверку без демонтажным и демонтажным способом расходомера на объекте. В расходомерах реализована функция расчета

концентрации (объемной доли) взаимно нерастворимых компонентов двухкомпонентной жидкости, основанная на измерении средней плотности и информации о плотности чистых компонентов. Компоненты ЭП могут быть объединены конструктивно в различных сочетаниях или выполнены отдельными модулями, представлены на рисунке 4.3.



Рисунок 4.3 – Конструктивные исполнения модулей электронного преобразователя расходомера.

Одним из модулей может являться видеографический регистратор ЭЛМЕТРО – ВиЭР. Модули соединяются специальными кабелями, которые входят в комплектацию расходомера. Расходомеры сертифицированы для работы во взрывоопасных зонах с видами взрывозащиты: взрывонепроницаемая оболочка и искробезопасная цепь. Маркировка взрывозащиты компонентов расходомера приведена в руководстве по эксплуатации на расходомер.

Программное обеспечение (ПО) расходомеров по аппаратному обеспечению является встроенным. Преобразование измеряемых величин и обработка измерительных данных выполняется с использованием внутренних аппаратных и программных средств. ПО хранится в энергонезависимой памяти. Программная среда постоянна, отсутствуют средства и пользовательская оболочка для программирования или изменения ПО. Встроенное программное обеспечение разделено на: - метрологически значимую часть; - метрологически незначимую часть. Номер версии ПО

имеет структуру X.Y.Z (где X, Y, Z – десятичные числа): X – номер версии метрологически значимой части ПО; Y – номер версии метрологически незначимой части ПО, определяющей интерфейс взаимодействия с пользователем; Z – вспомогательный идентификационный номер, для устранения ошибок и неточностей метрологически незначимой части ПО. Идентификационные данные встроенного ПО приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные	Значение
Номер версии (идентификационный номер ПО)	5.Y.Z
Цифровой идентификатор ПО	0xB9C7
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО	CRC16

Защита встроенного программного обеспечения от изменений посредством внешних интерфейсов или меню прибора (преднамеренных или непреднамеренных) обеспечивается аппаратными микропереключателями, расположенными внутри пломбируемого корпуса, и непосредственно пломбировкой корпуса расходомера показано на рисунке 4.4.



Рисунок 4.4 – Место пломбирования расходомера и сообщение на дисплее при запрещающем положении микропереключателей

Метрологические и технические характеристики приведены в таблицах 4.2 и 4.3.

Таблица 4.3 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диаметр условного прохода Ду, мм	от 1 до 200
Измеряемая среда (рабочая среда)	жидкость, газ
Верхняя граница диапазона измерений массового расхода жидкости $QM_{max}(F)$, кг/ч, в зависимости от Ду	от 20 до 740000
Верхняя граница диапазона измерений объёмного расхода жидкости (по воде при стандартных условиях) $QV_{max}(F)$, м ³ /ч, в зависимости от Ду	от 0,02 до 740
Верхняя граница диапазона измерений массового расхода газа $QM_{max}(G)$, кг/ч	$QM_{max}(F) \cdot \rho_G / k_G$, где ρ_G – плотность газа при рабочих условиях, кг/м ³ ; k_G – коэффициент, зависящий от Ду, кг/м ³
Диапазон измерений температуры рабочей среды, °C	от -200 до +350
Диапазон измерений плотности рабочей среды, кг/м ³ *	от 1 до 3000
Стабильность нуля при измерении массового расхода (в зависимости от Ду) Z, кг/ч	от 0,002 до 74
Класс точности	0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,35; 0,5; 0,65
Класс точности в зависимости от результата имитационной поверки. Для классов точности: 0,1; 0,15; 0,2; 0,5.	0,1; 0,2 0,15; 0,25 0,2; 0,35 0,5; 0,65
Пределы допускаемой основной относительной погрешности при измерении массового расхода δQ_M и массы δM жидкости по индикатору, частотно импульсному и цифровому выходным сигналам, %: при $Q_M \geq 100 \% \cdot Z / \delta_0$	$\pm \delta_0$ $\pm (Z / Q_M \cdot 100\%)$

Наименование характеристики	Значение
при $Q_m < 100 \% \cdot Z / \delta_0$ где Q_m – измеряемый массовый расход, кг/ч, δ_0 – величина, численно равная классу точности, %	
Пределы допускаемой основной относительной погрешности при измерении массового расхода и массы газа по индикатору, частотно-импульсному и цифровому выходным сигналам, %: при $Q_m \geq (100 \% \cdot Z / \delta_G)$ при $Q_m < (100 \% \cdot Z / \delta_G)$ где δ_G равен: 0,35 % – для кл. точности 0,1; 0,15 и Ду от 1 до 32 мм 0,5 % – для кл. точности 0,1; 0,15 и Ду от 50 до 200 мм 0,5 % – для кл. точности 0,2; 0,25 0,75 % – для кл. точности 0,35; 0,5 1,0 % – для кл. точности 0,65	$\pm \delta_G$ $\pm (Z / Q_m \cdot 100 \%)$
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности при измерении плотности рабочей среды по индикатору, частотному и цифровому выходным сигналам $\Delta \rho$, кг/м ³ **	$\pm 0,3; \pm 0,5; \pm 1; \pm 2; \pm 5$
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности при измерении плотности рабочей среды по индикатору, частотному и цифровому выходным сигналам после поверки имитационным методом, в зависимости от значения интегрального параметра оценки изменений электромеханических свойств датчика, $\Delta \rho$, кг/м ³ . Для классов точности: 0,1; 0,2; 0,15; 0,5.	± 10 ± 10 или ± 20 ± 10 или ± 20 ± 20 или ± 60

Таблица 4.4 – Технические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Выходные сигналы: *	
- частотно-импульсный масштабируемый, Гц	от 0 до 10 000
- аналоговый токовый, мА	от 4 до 20
- дискретный	Оптранный, с открытым
- цифровой	RS-485 (Modbus RTU)
Входные сигналы: *	
- дискретный универсальный, В	$\pm 0...5/\pm 10...30$
Рабочие условия эксплуатации:	
- температура окружающей среды, °С	от -40 до +60/ от -50 до +60(опция)/ от -60 до +60 (опция)
- относительная влажность воздуха при температуре +35°С, %, не более	98
- давление воздуха, кПа	от 84,0 до 106,7
Маркировка взрывозащиты:	
- электронный преобразователь	1Ex db IIB T6 Gb X; 1Ex db IIC T6 Gb X; 1Ex db [ia Ga] IIB T6 Gb X; 1Ex db [ia Ga] IIC T6 Gb X; 1Ex db [ia Ga] IIB T6...T4 Gb; 1Ex db [ia Ga] IIB T6...T3 Gb - датчик: 0Ex ia IIB T6...T4 Ga X; 0Ex ia IIC T6...T4 Ga X; 0Ex ia IIB T6...T3 Ga X; 0Ex ia IIC T6...T3 Ga X; 0Ex ia IIB T6...T2 Ga X; 0Ex ia IIC T6...T2 Ga X;
Средний срок службы, лет, не менее	12
Примечание: * В исполнении ЭП с видеографическим регистратором ЭЛМЕТРО-ВиЭР ** В исполнении ЭП без видеографического регистратора.	

Данные приборы оснащаются производителем методикой выполнения измерений являющийся неотъемлемой частью руководства по эксплуатации.

Нормативными и техническими документами, устанавливающими требования к счетчикам расходомерам массовым ЭЛМЕТРО-Фломак являются:

- Приказ Росстандарта от 07.02.2018 г. № 256 Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости;

- Приказ Росстандарта от 29.12.2018 г. № 2825 Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений объемного и массового расходов газа;

- ГОСТ 8.558-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры;

- ГОСТ 8.024-2002 Государственная система обеспечения единства измерений.

Государственная поверочная схема для средств измерений плотности;

- ТУ 4213-025-99278829-2011 Счетчики-расходомеры массовые ЭЛМЕТРО-Фломак. Технические условия

Учет количества газа, отпускаемого потребителю газа на АГНКС осуществляется как правило с погрешностью не выше $\pm 1\%$. В качестве опытных образцов рассмотрены наиболее распространённые колонки на АГНКС на территории России ЛПА-ГЗК производства ООО «НПК «Ленпромавтоматика», данная колонка предназначена для заправки сжатым природным газом моторных транспортных средств, измерения массы отпущенного газа, вычисления объема, приведенного к стандартным условиям (по ГОСТ 2939-63), и стоимости опущенного газа.

В составе колонки в зависимости от постов может быть от 1 до 2 расходомеров, в вышеуказанной модели — это массовые расходомеры OPTIGAS 4010 производства KRONE. В составе ПАГЗ также применяются колонки ЛПА-ГЗК производства ООО «НПК «Ленпромавтоматика».

Метрологические и технические характеристики расходомеров OPTIGAS 4010 схожи с характеристиками ЭЛМЕТРО-Фломак указанным в таблицах 4.3, 4.4 и отличаются по параметрам основной погрешности заложенным производителем, указанным в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Сравнение характеристик расходомеров

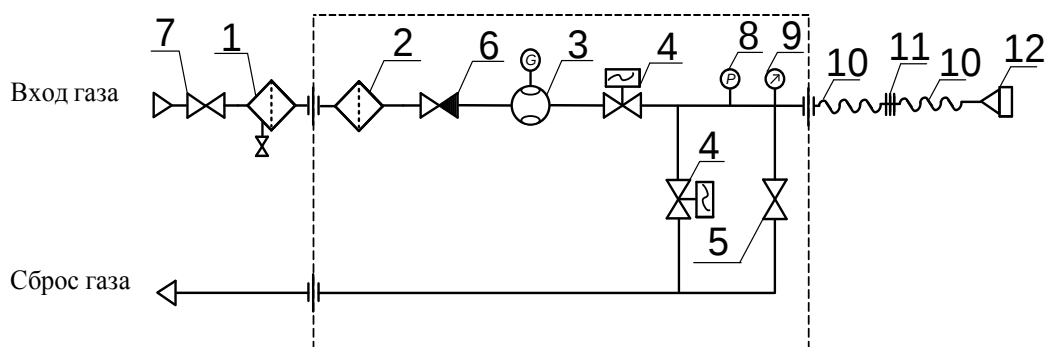
Основная погрешность для газа, %	
OPTIGAS 4010	ЭЛМЕТРО-Фломак
0,5	0,35

Компримированный природный газ от АГНКС подводится к входному штуцеру фильтра, через шаровой кран, обратный клапан и электромагнитный клапан (пневмоуправляемый кран) поступает в расходомер. После этого газ по трубопроводу поступает в заправочное устройство, далее – в баллоны транспортного средства или ПАГЗ.

Обратный клапан исключает возможность обратного перетока газа (от автомобиля, ПАГЗа к АГНКС), между электромагнитным клапаном и заправочным шлангом установлены манометр для визуального контроля за давлением заправки и давлением газа в заправочном шланге и датчик давления для автоматизированного контроля давления заправки.

Перед заправочным шлангом установлен предохранительный клапан, осуществляющий сброс газа на свечу при превышении давления газа допустимого значения. Разрывное устройство предназначено для предотвращения разрыва заправочного шланга в случае отъезда автомобиля от колонки с не отсоединённым заправочным устройством.

Заправочное устройство предназначено для присоединения заправочного шланга к приемному штуцеру автотранспорта или ПАГЗ. Технологическая схема колонки представлена на рисунке 4.5.



№	Наименование
1	Фильтр грубой очистки (40 мкм)
2	Фильтр тонкой очистки (14мкм)
3	Расходомер кориолисов
4	Клапан электромагнитный
5	Кран шаровый ручной
6	Обратный клапан
7	Кран шаровый ручной
8	Датчик давления
9	Манометр
10	Рукав высокого давления
11	Разрывная муфта
12	Заправочное устройство

Рисунок 4.5 – Технологическая схема колонки

В результате оснащения заправочной колонки ПАГЗ эталонным расходомером технологическая схема имеет вид представленный на рисунке 4.6

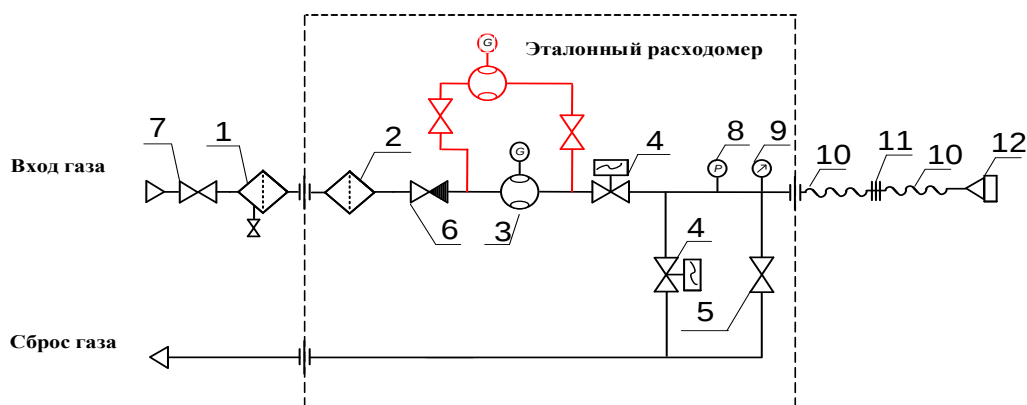


Рисунок 4.6 – Технологическая схема колонки ПАГЗ с установленным эталонным расходомером

Практически данная схема реализуема с учетом монтажа оборудования колонок и трубопроводной обвязки на штуцерах с резьбовыми соединениями.

Применение данной схемы при организации поверки расходомеров заправочных колонок АГНСК существенно сократит время выполнения процедуры поверки, позволит снизить нагрузку на эксплуатационный персонал, сохранить работоспособность АГНСК на период выполнения работ, а также исключит финансовые потери, возникающие при стравливании газа в атмосферу при традиционных способах поверки, позволит существенно снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Для дальнейшей практически реализации данного способа поверки планируется разработка методики поверки в соответствии с национальными стандартами на методики поверки.

4.2 Совершенствование стандарта для решения проблем ресурсосбережения и качества учета расхода газа на примере газозаправочной инфраструктуры промышленных предприятий, обслуживаемой ПАО «Газпром»

В целях повышения качества процессов использования природного газа в качестве моторного топлива в рамках производственной системы необходимо совершенствовать национальные стандарты групп «Ресурсосбережение» и «Газомоторное топливо». Как было обозначено нам ранее, стандарты по ресурсосбережению не разделяет процессы производства на основные, вспомогательные и обслуживающие и не дают указаний по отдельному учету ресурсов. 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.

Для единого порядка в части организации обслуживающей подсистемы производства необходимо стандартизировать структуру обслуживающей подсистемы производства, обозначить возможные ресурсы обслуживающей подсистемы и нормирование, определить универсальный критерий ресурсоэффективности для транспортных и складских подсистем. Здесь же стандарты группы «Газомоторное топливо» могут быть дополнены рекомендациями по промышленному использованию газомоторного топлива с учетом видов и функционала промышленного транспорта.

Для целей сбережения ресурсов в работе транспортной подсистемы необходимо определить этапы жизненного цикла функционирования транспорта на промышленном предприятии, установить перечень затрат на содержание и техническое обслуживание транспорта. В рамках данной позиции в стандартах группы «Газомоторное топливо» целесообразно установить классификацию газобаллонного оборудования для промышленных предприятий, а также нормы установки и безопасности газобаллонного оборудования в промышленной зоне.

Учитывая актуальность и экономичность использования природного газа в качестве моторного топлива в стандартах по ресурсосбережению следовало бы обозначить виды моторного топлива, удельный расход и формирование стоимости моторного топлива, влияние топлива на техническое состояние транспорта, экологические параметры. В стандартах по топливу и энергии недостает формализация альтернативных видов моторного топлива, универсальных критериев качества газомоторного топлива и требований к его использованию.

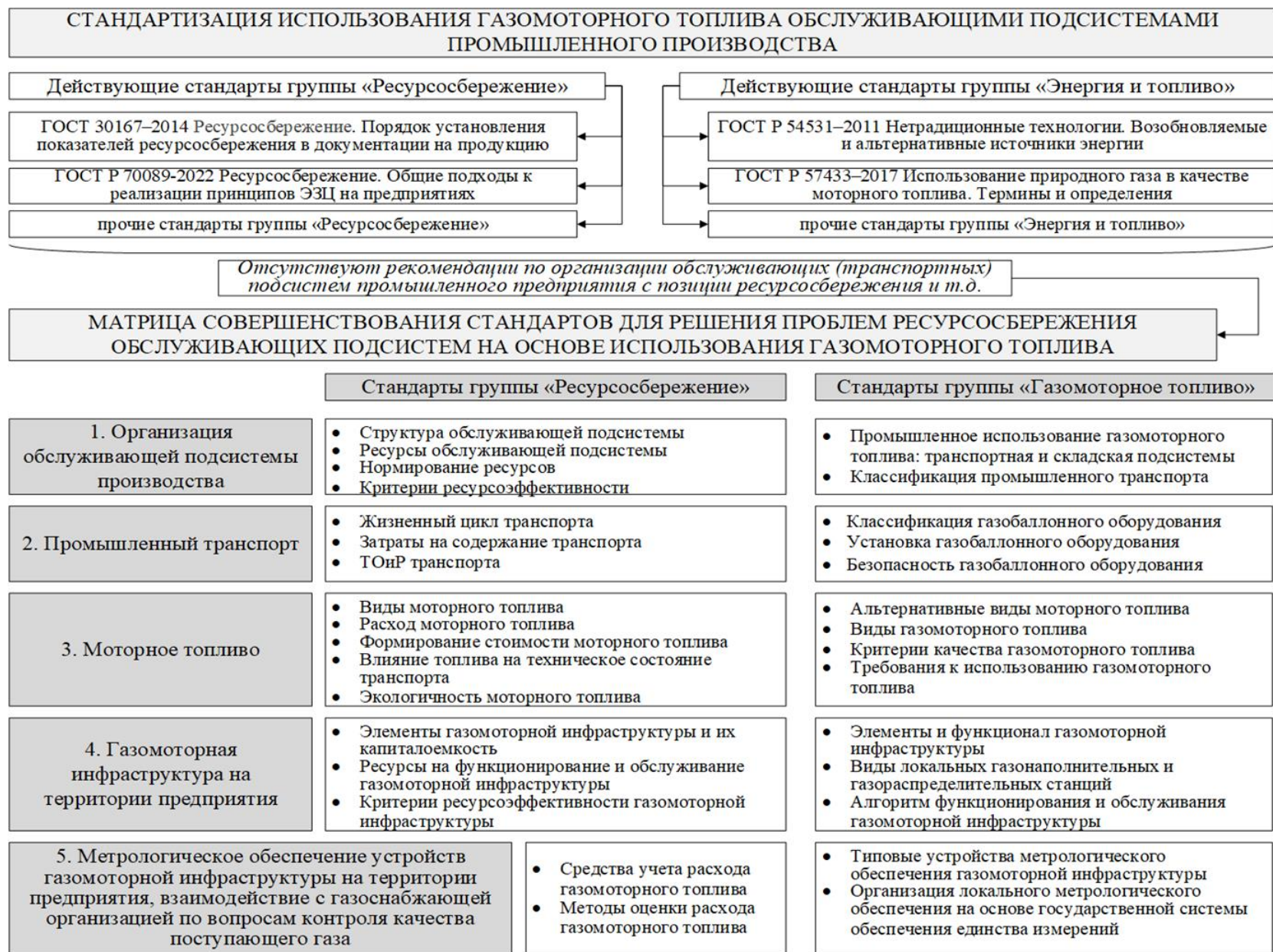


Рисунок 4.7 – Стандартизация использования газомоторного топлива обслуживающими подсистемами промышленного производства (составлено автором)

В части организации газомоторной инфраструктуры на территории предприятия следовало бы стандартизировать элементы газомоторной инфраструктуры и их капиталоемкость, обозначить ресурсы на функционирование и обслуживание газомоторной инфраструктуры, а также унифицировать критерии ресурсоэффективности. В стандарты по моторному топливу можно включить терминологию в части элементов и функционала газомоторной инфраструктуры, виды локальных газонаполнительных и газораспределительных станций, алгоритм функционирования и обслуживания газомоторной инфраструктуры.

Заключительной позицией является метрологическое обеспечение устройств, где для промышленных предприятий следовало бы стандартизировать методы оценки и средства учета расхода газомоторного топлива, а также вопросы контроля показателей качества газа с учетом сезонного изменения его свойств. В стандартах по топливу предлагается установить перечень типовых устройств метрологического обеспечения газомоторной инфраструктуры, обозначить организацию локального метрологического обеспечения на основе государственной системы обеспечения единства измерений, а также взаимодействие потребителей, владельцев АГНКС и газозаправочной инфраструктуры промышленных производств с газоснабжающими организациями.

В качестве модели организации взаимодействия газоснабжающей организации с потребителями нами рассмотрена испытательная лаборатория газа ООО «Газпром трансгаз Казань». Основной целью испытательной лаборатории газотранспортного предприятия является надлежащий контроль показателей качества поставляемой потребителям газовой продукции и достоверность результатов испытаний. К компетентности химико-аналитических лабораторий газотранспортных дочерних обществ ПАО «Газпром» [29] предъявляются различные требования в зависимости от контролируемой сферы деятельности и применения результатов испытаний.

Подтверждением технической компетентности ООО «Газпром трансгаз Казань» является добровольная аккредитация на 11 местах осуществления деятельности, аттестат аккредитации № САЛГАЗ АЛ.030 от 23.12.2020, в Системе аккредитации химико-аналитических лабораторий дочерних обществ и организаций ПАО «Газпром» (САЛГАЗ) по СТО Газпром 5.8-2020 [30], устанавливающим положения САЛГАЗ с учетом требований законодательства РФ в области аккредитации.

Беспристрастность, полнота и правильность проведения испытаний, точность результатов обеспечивается описанной в Руководстве по качеству системой менеджмента качества испытательной лаборатории (ИЛ), действующей в соответствии с положениями ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 [33].

В соответствии с возложенными задачами химико-аналитические лаборатории ООО «Газпром трансгаз Казань» (Общества) осуществляют:

- отбор проб и анализ газа горючего природного, поставляемого и транспортируемого по магистральным газопроводам с целью контроля требованиям СТО Газпром 089-2010 [31];

- отбор проб и анализ газов горючих природных промышленного и коммунально-бытового назначения на соответствие требованиям ГОСТ 5542-2014 [33];

- отбор проб и анализ газа природного топливного компримированного для двигателей внутреннего сгорания на соответствие требованиям ГОСТ 27577-2000 [31];

- оформление протоколов испытаний и паспортов качества газа.

Номенклатура объектов и видов испытаний с указанием характеристик представлена в табл. 4.1. Как видно из данных таблицы, природные газы, применяемые в качестве энергоносителей, должны соответствовать установленным параметрам качества, определение которых предусматривает использование целого комплекса физико-химических испытаний.

Таблица 4.1 – Номенклатура объектов и видов испытаний с указанием характеристик

Наименование объектов и видов испытаний	Наименование характеристик
Отбор проб	Представительные пробы: метод отбора, требования к оборудованию для отбора проб, объем пробы, подготовка и идентификация пробы, требования к оформлению результатов отбора проб, оформление акта отбора, транспортирование, приемка проб в лаборатории
Газ горючий природный (ГГП), поставляемый и транспортируемый по магистральным газопроводам	Компонентный состав, массовая концентрация сероводорода, меркаптановой и общей серы, температура точки росы по воде и углеводородам, массовая концентрация механических примесей, плотность при стандартных условиях, теплота сгорания низшая и число Воббе при стандартных условиях
Газы горючие природные промышленного и коммунально-бытового назначения	Компонентный состав, массовая концентрация сероводорода и меркаптановой серы, температура точки росы по воде и углеводородам, массовая концентрация механических примесей, плотность при стандартных условиях, теплота сгорания низшая и число Воббе при стандартных условиях, интенсивность запаха газа
Газ природный топливный компримированный для двигателей внутреннего сгорания	Компонентный состав, теплота низшая сгорания концентрация сероводорода и меркаптановой серы, масса механических примесей, суммарная доля негорючих компонентов, массовая концентрация паров воды, относительная плотность

Отбор представительной пробы — наиболее ответственный этап аналитических исследований [43] компонентного состава и свойств газа. Обязательным условием является представительность отбираемой для лабораторного анализа пробы газа, включая поддержание необходимого температурного режима и контроля давления заполнения.

Единые требования к организации точек отбора проб газа и процедурам отбора проб газа на объектах предприятия установлены в стандарте организации [30], разработанном с учетом положений ГОСТ 31370-2008. Точки отбора проб газа размещают на технологических трубопроводах газораспределительных станций (ГРС), газорегуляторных пунктов (ГРП) Общества с избыточным давлением от 0,2 МПа до 3,6 МПа. Условия и места

отбора проб [44] устанавливаются в зависимости от химического состава газа и вида анализа.

Достоверность результатов испытаний газа за отчетный период зависит как от представительности отобранных проб газа, так и от периодичности отбора проб. Достаточная и необходимая периодичность отбора проб определяется в соответствии с требованиями стандарта [40] и РМГ 76-2014 [15].

С целью совершенствования организации контроля показателей качества и физико-химических свойств природного газа в ИЛ автором разработана программа в приложении Microsoft Excel в форме методики расчета частоты отбора проб газа на объектах Общества в том числе на объектах газоснабжения АГНКС, учитывающая данные об изменении состава и свойств газовых потоков за предшествующий отчетный год. Программа, состоящая из двух расчетных таблиц, прошла апробацию при формировании графика аналитического контроля и планировании объемов проводимых испытаний газа в ИЛ на следующий год.

Описание применения настоящей методики для расчетов частоты определения фактической калорийности (теплоты сгорания низшей) и плотности природного газа рассмотрим на примере определения периодичности отбора проб газа, поданного с ГРС-1 г. Казани (с магистральных газопроводов «Уренгой–Центр-1», «Уренгой–Ужгород») за 2020 год. За исследуемый период принимается месяц, так как именно среднемесячные значения показателей качества газа оформляются в паспорт качества газа и передаются потребителям во исполнение требований договоров по транспортировке газа.

В таблице 4.2 представлены данные для расчета требуемой частоты отбора проб ГГП по показателю — низшая теплота сгорания при стандартных условиях за 2020 год. Указанный показатель учитывается при определении конечной цены за газ для потребителей [14].

Таблица 4.2 – Данные для расчета требуемой частоты отбора проб ГПП по показателю – низшая теплота сгорания при стандартных условиях, МДж/м³

Низшая теплота сгорания, МДж/м ³						H_{cp}	СКО	$d_{абс} = U_n$	$d_{отн}$
Месяц 2020 г.	1 раз в 1-ю неделю	1 раз во 2-ю неделю	1 раз в 3-ю неделю	1 раз в 4-ю неделю	1 раз в 5-ю неделю				
Январь	–	34,58	34,49	34,51	34,62	34,55	0,061	0,08	0,23
Февраль	34,6	34,63	34,62	34,62	–	34,62	0,006	0,08	0,24
Март	34,77	34,73	34,71	34,72	–	34,73	0,010	0,08	0,24
Апрель	34,73	34,65	34,68	34,66	–	34,68	0,015	0,08	0,24
Май	34,53	34,56	34,61	34,74	–	34,62	0,098 max	0,08	0,24
Июнь	34,64	34,57	34,49	34,49	–	34,55	0,046	0,08	0,23
Июль	34,50	34,42	34,57	34,55	34,56	34,52	0,062	0,08	0,23
Август	34,38	34,55	34,54	34,52	–	34,50	0,079	0,08	0,23
Сентябрь	34,49	34,41	34,57	34,46	–	34,48	0,067	0,08	0,23
Октябрь	34,44	34,42	34,39	34,44	34,44	34,43	0,021	0,08	0,22
Ноябрь	34,41	34,41	34,39	34,34	–	34,39	0,033	0,08	0,22
Декабрь	34,35	34,36	34,34	34,4	–	34,36	0,026	0,07	0,22

В столбцы 2–6 вводятся все измеренные значения низшей теплоты сгорания газа по исследуемой точке отбора за предшествующий отчетный год. Показатель рассчитывается по ГОСТ 31369-2008 [43] с помощью программы «Хроматэк Природный газ», версия 2.0 (ЗАО СКБ «Хроматэк»), по определенному по ГОСТ 31371.7-2008 компонентному составу природного газа при стандартных условиях измерений.

В столбце 7 автоматически рассчитывается H_{cp} – среднеарифметическое значение теплоты сгорания природного газа по 4–5 определениям за месяц. В столбце 8 по месячной выборке внесенных показателей автоматически оценивается стандартное отклонение:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{(n - 1)}}, \quad (4.3)$$

где $\bar{x}$ – выборочное среднее значение; n – размер выборки.

Из всей выборки результатов для дальнейших расчетов выбирается максимальное значение среднего квадратического отклонения (СКО),

$$s = 0,098 \text{ \%}.$$

В столбце 9 за установленный предел погрешности d_{abc} принимается значение расширенной абсолютной неопределенности U_n . Расширенная абсолютная неопределенность U_n для значений низшей теплоты сгорания природного газа (в диапазоне теплоты сгорания свыше 33,4 МДж/м³ до 52,5 МДж/м³ включительно) определяется по формуле:

$$d_{abc} = U_n = 0,0285 \square H_{cp} - 0,905, \quad (4.4)$$

где $H_{cp} = 34,62$ МДж/м³; $U_n = 0,8$ МДж/м³.

В столбце 10 вычисляется заданный предел погрешности d по формуле:

$$d_{отн} = (0,0285 \square H_{cp} - 0,905) / H_{cp} \square 100, \quad (4.5)$$

где $d_{отн} = d = 0,24 \text{ \%}$.

По полученным результатам расчета, по максимальному значению СКО измеряемой величины определяется необходимое количество отбора проб газа в месяц для определения низшей теплоты сгорания на следующий 2021 год, которое должно быть равно 4.

Требуемое число проб n рассчитывается по формуле:

$$\frac{1}{n^2} = t \cdot \frac{s}{d}, \quad (4.6)$$

где t – коэффициент Стьюдента; s – стандартное отклонение; d – установленный предел погрешности.

Значение t – коэффициент Стьюдента – зависит от принятой доверительной вероятности (при $t_{0,975}$) и «числа степеней свободы» ν (при $\nu = n - 1$). Для дальнейших расчетов используется формула 4.4, где предел погрешности d , число проб n и стандартное отклонение s учитываются за один месяц.

Далее, применяя формулу 4.4 методом итерации оценивается первоначальное значение t , на основе полученного результата вычисляется расчетное значение n , которое, в свою очередь, используется для сравнения с фактически установленной в ИЛ периодичностью.

Первоначальное заданное значение n устанавливается, исходя из необходимого количества отбора проб газа в месяц, равное 4.

Таблица 4.3 – Расчет требуемой частоты отбора проб природного газа

Заданное n	4	5	3	2
$t_{0,975}$	3,18	2,78	4,3	12,71
$n^{1/2}$	1,3	1,14	1,76	5,19
Расчетное n	1,7	1,3	3,1	26,9

Также определяется $t_{0,975} = 3,18$ для трех степеней свободы. Расчетной формулой (4) вычисляется $n^{1/2} = 1,3$, и где, расчетное $n = 1,7$.

Результат 1: округленное расчетное $n=2$ не соответствует заданному $n = 4$.

Вывод 1: результат неудовлетворительный, требуется повторный расчет и оценка при $n = 5$.

Оценка методикой проводится автоматически до выполнения условия – расчетное n равняется заданному n .

Далее в столбце 4 табл. 3 выполняется оценка $t_{0,975} = 2,78$ для 4 степеней свободы для получения расчетного значения для заданного $n = 5$: $n^{1/2} = 1,14$, соответственно, расчетное $n = 1,3$.

Результат 2: округленное расчетное $n=1$ не соответствует заданному $n = 5$.

Вывод 2: результат неудовлетворительный, требуется повторный расчет и оценка при $n = 3$.

Выполняется повторное вычисление расчетного $n = 3$ при $t_{0,975} = 4,3$ для 2 степеней свободы: $n^{1/2} = 1,76$, расчетное $n = 3,1$.

Результат 3: расчетное $n = 3$, округленное, соответствует заданному $n = 3$.

Вывод 3: результат удовлетворительный, для определения среднемесячного значения теплоты сгорания низшей ГПП достаточное количество отбора проб газа может быть равно 3.

Процедура расчета периодичности определения в месяц величины плотности при стандартных условиях – показателя, используемого при расчете расхода и объемов природного газа, аналогична. Было получено:

- необходимое количество отбора проб газа для определения плотности газа при стандартных условиях на следующий 2021 год, которое должно быть также равно 4;

- для определения среднемесячного значения плотности газа при стандартных условиях достаточное количество отбора проб газа может быть равно 1.

На основании полученных результатов, а также учитывая, что оба показателя определяются аналогичным образом расчетным методом по компонентному составу газа, в ИЛ делается вывод о достаточности проведения на ГРС-1 трех отборов проб в месяц для получения достоверной информации о показателях качества транспортируемого газа и оформления паспортов качества.

Поэтому, при формировании объема аналитических исследований газа на 2021 год, Испытательной лабораторией принято решение проводить на ГРС-1 г. Казани отбор газа три раза в месяц из-за меньшего количества рабочих дней, а в остальные месяцы сохранить определенную в

предшествующем отчетном году еженедельную периодичность отбора образцов.

Таким образом, применение автоматизированных алгоритмов расчета в соответствии с представленным методом позволяет:

- установить единый подход по ежегодной актуализации или подтверждению установленной периодичности отбора проб, проведения измерений состава и свойств природного газа при формировании объема испытаний в ИЛ в соответствии с требованиями действующих нормативных документов;
- обеспечить правильность результатов расчета периодичности отбора проб газа за счет снижения вероятности ошибок, возникающих при выполнении расчетов ручным способом;
- обеспечить достоверность результатов испытаний газа за отчетный период за счет правильного определения периодичности отбора проб газа.

Представленный метод является одним из составляющих действующей системы менеджмента качества ИЛ, который позволяет обеспечить достоверность результатов анализа на поставляемую в зоне ответственности Общества продукцию для потребителей субъектов Российской Федерации.

4.3 Техничко-экономический эффект от реализации модели развития технологий использования природного газа в качестве моторного топлива в ПАО «Газпром»

В настоящее время в России ведется масштабная работа по расширению использования природного газа в качестве моторного топлива. Основными задачами, поставленными Правительством Российской Федерации перед компаниями с государственным участием, являются:

- разработка программ внедрения ТС на ГМТ;
- разработка региональных программ по переводу ТС на ГМТ;

- подготовка предложений по стимулированию развития ГЗИ;
- актуализация ценообразования на КПП;
- реализация пилотных проектов по эксплуатации новых образцов ТС на ГМТ.

ПАО «Газпром» как крупнейший поставщик природного газа и инвестор

в развитие ГЗИ реализует с 2014 года мероприятия по расширению использования природного газа в качестве моторного топлива на собственном транспорте организаций Группы Газпром в соответствии с Программой

по расширению использования компримированного природного газа в качестве моторного топлива на собственном транспорте организаций Группы Газпром. Целевыми показателями программы являются:

- увеличение объемов реализации природного газа организациями Группы Газпром;
- оптимизация эксплуатационных затрат за счет планового замещения АТС, использующих ЖМТ, на АТС, применяющие природный газ в качестве моторного топлива;
- популяризация использования природного газа в качестве моторного топлива как экологически чистого вида топлива;
- обновление парка АТС, увеличение модельного ряда ТС на ГМТ;
- снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Парк АТС ПАО «Газпром» характеризуется высоким уровнем территориальной разрозненности, что связано с осуществлением хозяйственной деятельности в различных регионах Российской Федерации. Наибольшее количество АТС сосредоточено в ЯНАО, ХМАО, Ставропольском и Краснодарском краях, Республике Коми, Вологодской, Астраханской, Саратовской и Свердловской областях.

Вместе с этим в ходе анализа, эксплуатируемого автомобильного парка Дочерних обществ выявлены АТС, перевод которых на ГМТ в рассматриваемый период нецелесообразен. Сводная информация об АТС, не подлежащих переводу на ГМТ и не учитываемых при расчете доли АТС на ГМТ в общем парке АТС, приведена в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – АТС, не подлежащие переводу на ГМТ и не учитываемые при расчете доли АТС на ГМТ в общем парке АТС (составлено автором по материалам [85])

№ п/п	Категория АТС
1	АТС, работающие на СУГ
2	Пожарные автомобили
3	Автомобили для перевозки нефтепродуктов
4	АТС, переданные в аренду
5	АТС, взятые в аренду
6	АТС, которые планируется реализовать или списать
7	АТС, не обеспеченные ГЗИ в рассматриваемый период
8	АТС, работающие на ДТ, с остаточной стоимостью до конца рассматриваемого периода
9	АТС марки Мерседес-Бенц, перевод которых на ГМТ не предусмотрен производителем

АТС для перевозки нефтепродуктов учтены в составе АТС, не подлежащих переводу на ГМТ. Вместе с тем с учетом решения Совета Евразийской экономической комиссии от 16 февраля 2018 г. № 29 об исключении запрета на установление автоцистерн на транспортные средства с двигателем, работающим на газе, ПАО «Газпром» совместно с автопроизводителями организована работа по созданию указанной категории АТС на ГМТ. В настоящее время модельный ряд, доступный для заказа АТС на ГМТ, отсутствует. По состоянию на 31 декабря 2021 г. парк АТС Дочерних обществ составлял 30 595 единиц, из которых 8 633 единицы (28%)

относятся к АТС, не пригодным к переводу на ГМТ в рассматриваемый период. Таким образом, парк АТС, пригодных к переводу на ГМТ и принятых к расчету доли газомоторных транспортных средств в общем парке АТС, составлял 21 962 единицы.

Оснащенность АТС на ГМТ организаций Группы Газпром (без учета ДСТ в количестве 88 единиц) составила 61% (13 397 единиц) от парка АТС, пригодных к переводу на ГМТ. Сводная информация о парке АТС с выделением АТС, не пригодных к переводу на ГМТ, приведена в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Данные о парке ТС, эксплуатируемых Дочерними обществами ПАО «Газпром» на 31 декабря 2021 г. (составлено автором по материалам [85])

Наименование дочернего общества	Всего АТС	Всего АТС, пригодных для перевода на ГМТ, ед.	Доля АТС на ГМТ в общем парке АТС, %	Доля ДСТ на ГМТ в парке ДСТ, %
ЗАО «Газпром Армения»	841	654	89,3	0,0
ООО «Газпром Кыргызстан»	252	142	83,8	0,0
ООО «Газпром добыча Оренбург»	609	438	81,8	17,2
ООО «Газпром добыча Ямбург»	976	664	79,5	0,0
ООО «Газпром трансгаз Казань»	941	785	76,5	9,7
ООО «Газпром трансгаз Уфа»	676	525	74,1	0,0
ОАО «Газпром трансгаз Беларусь»	1 070	873	70,8	0,0
ООО «Газпром трансгаз Волгоград»	750	410	70,1	6,3
ООО «Газпром трансгаз Югорск»	2 112	1 669	69,7	0,1
ООО «Газпром трансгаз Самара»	652	576	67,1	1,2
ООО «Газпром трансгаз Сургут»	1 218	791	65,0	0,0
ООО «Газпром трансгаз Махачкала»	220	159	64,8	0,0
ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»	1 163	984	63,8	5,8
ООО «Газпром трансгаз Саратов»	784	606	62,2	0,6
ООО «Газпром добыча Астрахань»	575	424	60,7	0,0

Наименование дочернего общества	Всего АТС	Всего АТС, пригодных для перевода на ГМТ, ед.	Доля АТС на ГМТ в общем парке АТС, %	Доля ДСТ на ГМТ в парке ДСТ, %
ООО «Газпром трансгаз Санкт-Петербург»	1 282	789	58,0	0,0
ООО «Газпром трансгаз Томск»	1 690	605	57,0	0,7
ООО «Газпром трансгаз Ухта»	2 007	1 446	55,1	2,5
ООО «Газпром добыча Надым»	806	507	54,6	0,0
ООО «Газпром трансгаз Ставрополь»	1 256	1 033	53,1	6,2
ООО «Газпром переработка»	917	509	51,5	0,0
ООО «Газпром трансгаз Краснодар»	995	729	51,4	1,6
ООО «Газпром добыча Уренгой»	1 138	846	49,2	0,0
ООО «Газпром трансгаз Нижний Новгород»	1 634	1 368	48,4	0,0
ООО «Газпром трансгаз Грозный»	87	65	47,7	0,0
ООО «Газпром ПХГ»	1 254	748	45,8	0,5
ООО «Газпром добыча Краснодар»	503	272	45,3	2,7
ООО «Газпром трансгаз Москва»	2 494	2 160	43,9	0,0
ООО «Газпром трансгаз Чайковский»	1 312	976	42,9	4,3
ООО «Газпром добыча Ноябрьск»	381	209	42,1	0,0
Итого	30 595	21 962	61,0	1,7

При формировании плана приобретения АТС на ГМТ были учтены обеспеченность филиалов Дочерних обществ объектами ГЗИ, планы по созданию ГЗИ на промышленных площадках Дочерних обществ, перспективные планы ООО «Газпром газомоторное топливо» по строительству объектов ГЗИ (АГНКС), а также планы по приобретению Дочерними обществами объектов мобильной ГЗИ (ПАГЗ, ПАГНКС, МКБ). По состоянию на 31 декабря 2021 г. Дочерними обществами эксплуатируется 64 АГНКС и ТЗП, 153 ПАГЗ, ПАГНКС и МКБ. Сводная информация о наличии объектов ГЗИ в Дочерних обществах по состоянию на 31 декабря 2021 г. приведена в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Распределение ГЗИ по обществам АО «Газпром»
(составлено автором по материалам [85])

№ п/п	Наименование Дочернего общества	Количество объектов ГЗИ, ед.	
		стационарные	мобильные
1	ООО «Газпром добыча Астрахань»	–	–
2	ООО «Газпром добыча Краснодар»	–	1
3	ООО «Газпром добыча Надым»	–	3
4	ООО «Газпром добыча Ноябрьск»	1	3
5	ООО «Газпром добыча Оренбург»	–	6
6	ООО «Газпром добыча Уренгой»	–	3
7	ООО «Газпром добыча Ямбург»	–	8
8	ООО «Газпром переработка»	–	2
9	ООО «Газпром ПХГ»	–	5
10	ООО «Газпром трансгаз Волгоград»	6	11
11	ООО «Газпром трансгаз Грозный»	–	1
12	ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»	9	7
13	ООО «Газпром трансгаз Казань»	1	3
14	ООО «Газпром трансгаз Краснодар»	–	1
15	ООО «Газпром трансгаз Махачкала»	–	1
16	ООО «Газпром трансгаз Москва»	–	15
17	ООО «Газпром трансгаз Нижний Новгород»	4	2
18	ООО «Газпром трансгаз Самара»	2	3
19	ООО «Газпром трансгаз Санкт-Петербург»	4	10
20	ООО «Газпром трансгаз Саратов»	1	3
21	ООО «Газпром трансгаз Ставрополь»	2	1
22	ООО «Газпром трансгаз Сургут»	–	12
23	ООО «Газпром трансгаз Томск»	1	6
24	ООО «Газпром трансгаз Уфа»	9	6
25	ООО «Газпром трансгаз Ухта»	6	15
26	ООО «Газпром трансгаз Чайковский»	7	7
27	ООО «Газпром трансгаз Югорск»	11	18
Итого		64	153

За период 2014–2021 годов Дочерними обществами (с учетом ОАО «Газпром трансгаз Беларусь», АО «Чеченгазпром», ЗАО «Газпром Армения», ООО «Газпром Кыргызстан» с 2018 года) закуплено 9 661 единица АТС на ГМТ и 134 единицы мобильной ГЗИ (ПАГЗ, ПАГНКС, МКБ).

Динамика увеличения парка АТС на ГМТ с учетом показателей выбытия АТС на ГМТ, а также переоборудования АТС для работы на ГМТ следующая:

1) в 2014 году закуплено 1 654 единицы газомоторной техники и 4 единицы ПАГЗ, при этом совокупное увеличение парка газомоторной техники составило 1 573 единицы;

2) в 2015 году закуплено 1 170 единиц газомоторной техники и 3 единицы ПАГНКС, при этом совокупное увеличение парка газомоторной техники составило 880 единиц;

3) в 2016 году закуплено 1 370 единиц газомоторной техники и 53 единицы мобильной ГЗИ (ПАГЗ – 41 единица, ПАГНКС – 8 единиц, МКБ – 4 единицы), при этом совокупное увеличение парка газомоторной техники составило 1 453 единицы;

4) в 2017 году закуплено 1 392 единицы газомоторной техники и 42 объекта мобильной ГЗИ (ПАГЗ – 16 единиц, ПАГНКС – 15 единиц, МКБ – 11 единиц), при этом совокупное увеличение парка газомоторной техники составило 1 106 единиц;

5) в 2018 году закуплено 1 324 единицы газомоторной техники и 10 объектов мобильной ГЗИ (ПАГЗ – 5 единиц, ПАГНКС – 5 единиц), при этом совокупное увеличение парка газомоторной техники составило 2 286 единиц;

6) в 2019 году закуплено 1 218 единиц газомоторной техники и 10 объектов мобильной ГЗИ (ПАГЗ – 8 единиц, ПАГНКС – 1 единица, МКБ – 1 единица), при этом совокупное увеличение парка газомоторной техники составило 469 единиц;

7) в 2020 году закуплено 818 единиц газомоторной техники и 8 объектов мобильной ГЗИ (ПАГЗ – 5 единиц, ПАГНКС – 3 единицы), при этом совокупное увеличение парка газомоторной техники составило 973 единицы.

8) в 2021 году закуплено 712 единиц газомоторной техники и 4 объекта мобильной ГЗИ (ПАГЗ – 3 единицы, ПАГНКС – 1 единица), при этом совокупное увеличение парка газомоторной техники составило 221 единицу;

9) в 2022 году запланирована закупка 1 165 единиц газомоторной техники и 10 объектов мобильной ГЗИ (ПАГЗ – 5 единиц, ПАГНКС – 3 единицы, КриоПАГЗ – 2 единицы), при этом совокупное увеличение парка газомоторной техники составит 680 единиц.

Информация о реализации проекта развития АТС на ГМТ, приобретенных в период 2014–2022 годов, представлена на рисунках 4.4 – 4.8.

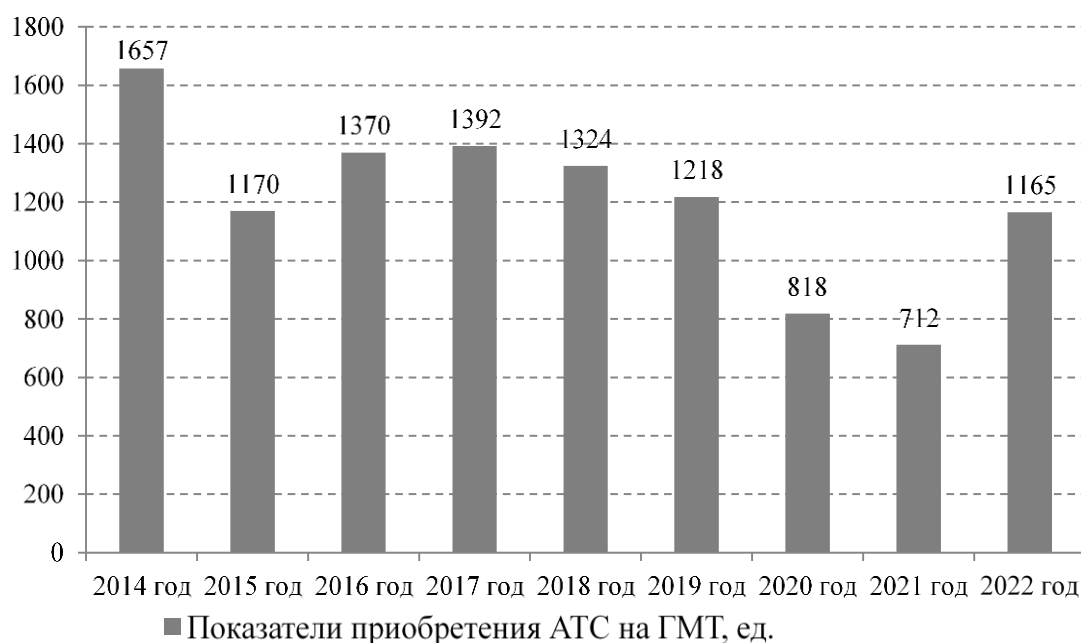
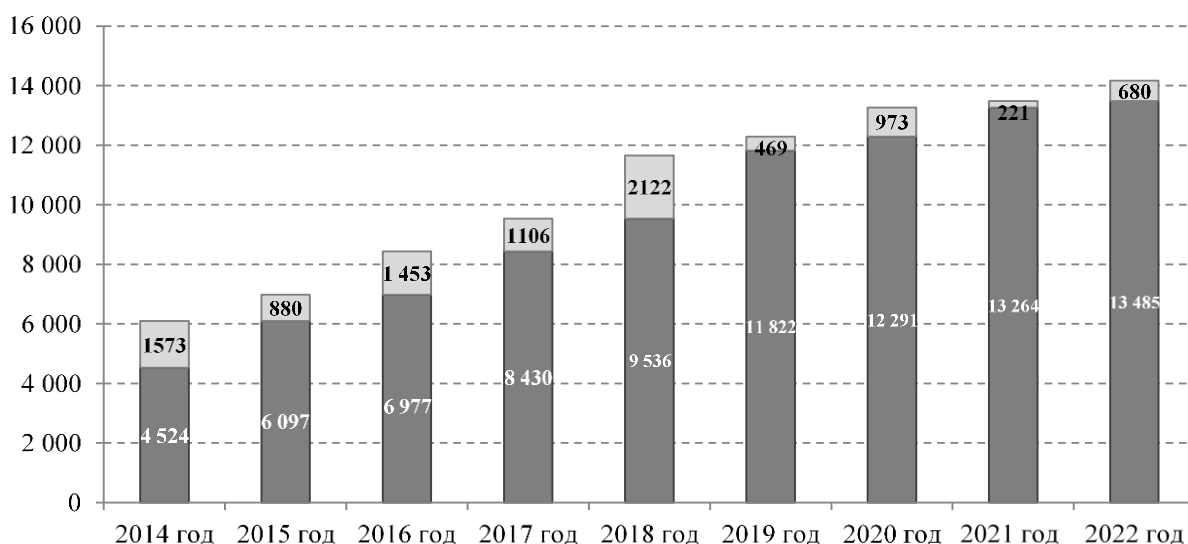


Рисунок 4.8 – Количество АТС на ГМТ, приобретенных в период 2014–2022 гг. (составлено автором)



■ Показатели увеличения парка АТС на ГМТ (с учетом показателей переоборудования АТС и выбытия АТС на ГМТ), ед.

Рисунок 4.9 – Показатели увеличения парка АТС на ГМТ в 2014–2022 гг.

(составлено автором)

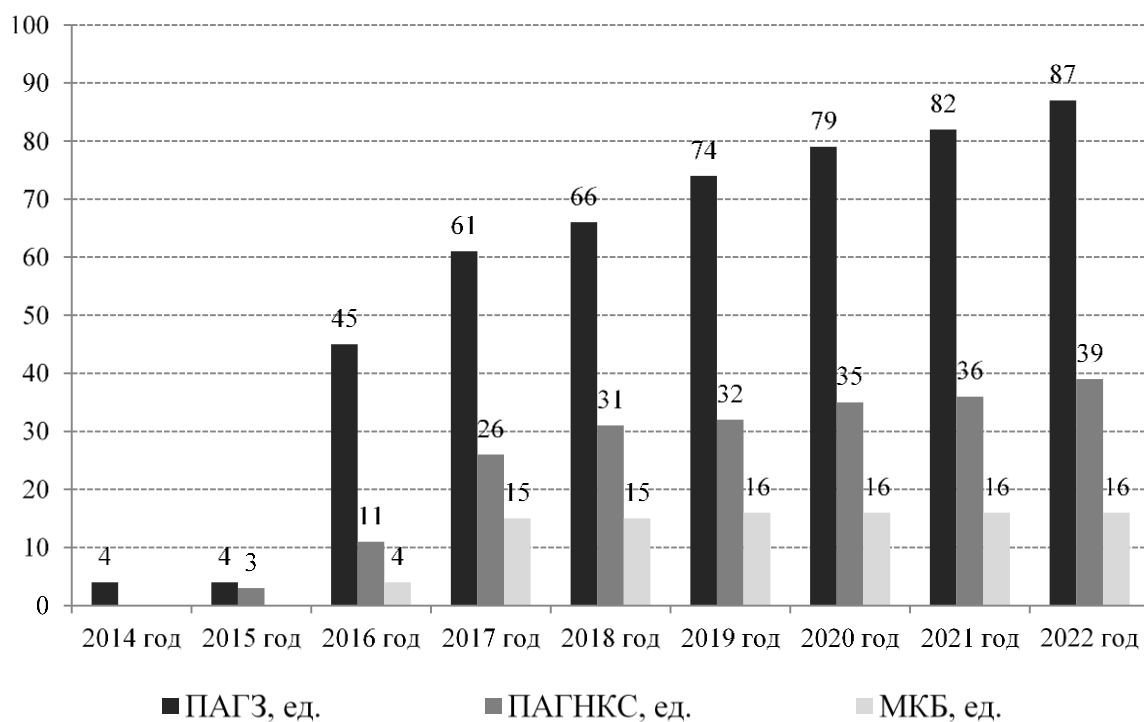


Рисунок 4.10 – Показатели оснащения Дочерних обществ объектами мобильной ГЗИ в 2014–2022 гг. (составлено автором)

В рамках реализации Программ в период 2014–2022 годов суммарный объем потребления природного газа в качестве моторного топлива составил 509,8 млн куб. м. В 2022 году объем потребления природного газа в качестве

моторного топлива составил 86 млн куб. м, что в 5 раз превышает аналогичный показатель 2014 года (17 млн куб. м).

Объем потребления природного газа в качестве моторного топлива увеличивается по годам за счет расширения парка газомоторных автомобилей

и повышения эффективности использования техники. Показатели потребления ГМТ в динамике с учетом увеличения парка АТС и ДСТ на ГМТ

и их эффективного использования приведены на рисунке 4.7.

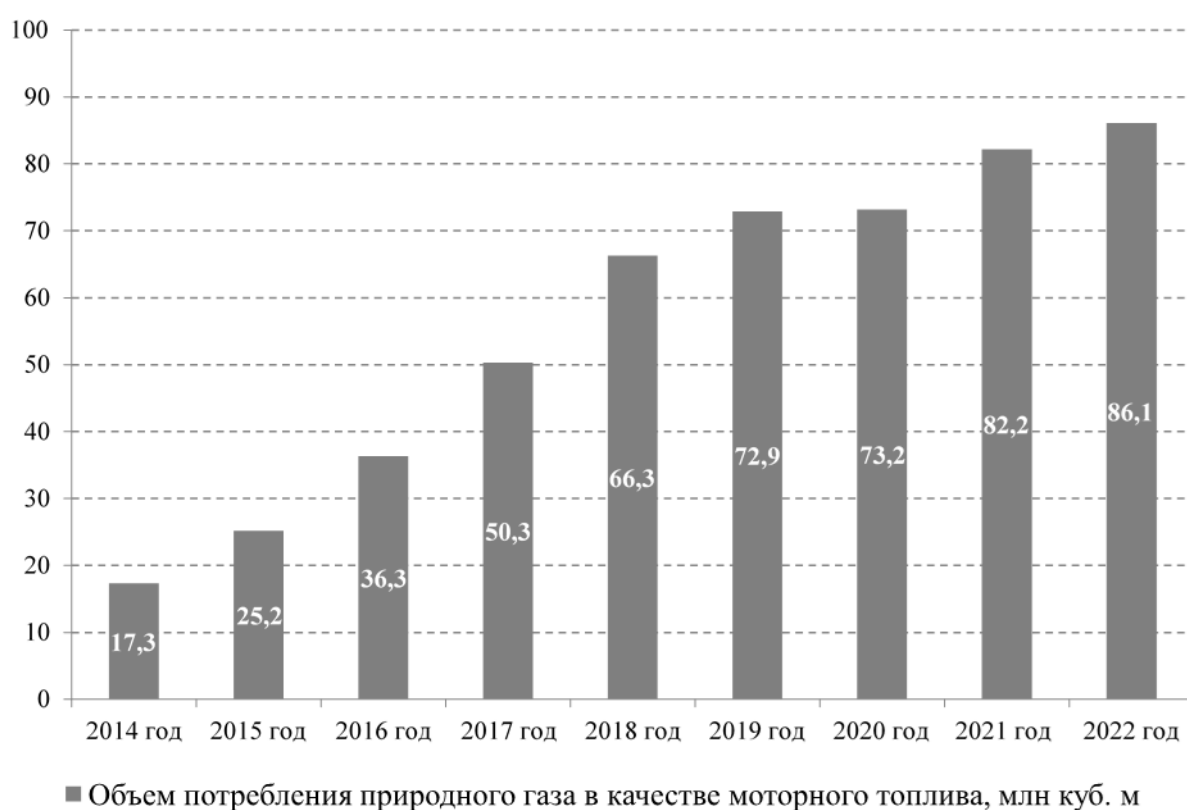


Рисунок 4.11 – Показатели потребления КПП (составлено автором)

Суммарная экономическая эффективность замещения ЖМТ природным газом, связанная с разницей в стоимости ЖМТ и КПП, в период 2014–2021 годов составила 9 869,2 млн руб. (с НДС). В 2021 году экономическая эффективность составила 2 593 млн руб. (с НДС), что в 9,6 раза больше аналогичного показателя 2014 года (269,2 млн руб. с НДС), в 2022 году прогнозируется на уровне 2 157 млн руб. (с НДС). Информация о

количестве приобретенных АТС на ГМТ и затратах на ее приобретение приведена на рисунке 4.8.

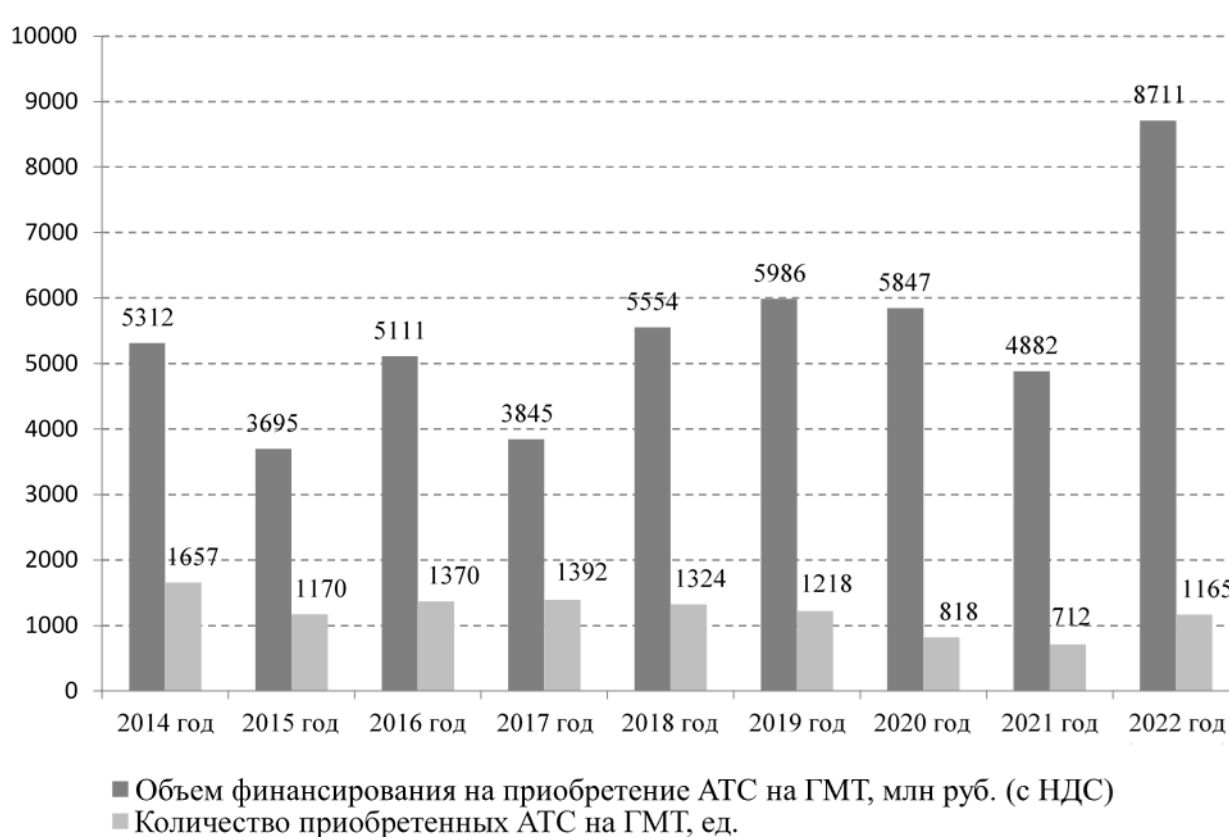


Рисунок 4.12 – Показатели закупки АТС на ГМТ (составлено автором)

Начиная с 2013 года ПАО «Газпром» совместно с ООО «Газпром газомоторное топливо», назначенным единым оператором ПАО «Газпром» по развитию рынка ГМТ, в том числе по реализации газа в качестве моторного топлива, проведена масштабная работа по популяризации ГМТ в Российской Федерации.

Благодаря взаимодействию ПАО «Газпром» с автопроизводителями, а также реализации Программ в 2014–2022 годах был существенно расширен модельный ряд выпускаемых отечественными автопроизводителями ТС на ГМТ. Все российские автопроизводители имеют в своей линейке модели и модификации ТС на природном газе. Техника в газовом исполнении дороже аналогов на бензине или дизеле на 10%. В целях компенсации разницы

в стоимости Правительством Российской Федерации ежегодно выделяются субсидии. Благодаря этому приобретение газомоторной техники в ряде случаев оказывается выгоднее бензиновой и дизельной.

ПАО «Газпром» заключены меморандумы и соглашения о сотрудничестве с основными участниками рынка ГМТ (ПАО «КАМАЗ», ООО «УК «Группа ГАЗ»), а также с АО «АвтоВАЗ», ООО «УАЗ», ООО «Волгабас».

ООО «Газпром газомоторное топливо» реализует следующие маркетинговые программы, стимулирующие потребителей на переоборудование транспортных средств на природный газ:

«ЕcoGas – экономия для вас», в рамках которой автовладельцы получают топливную карту ЕcoGas и оплачивают 50% стоимости топлива (переоборудовано 6 986 единиц ТС);

«Первый раз – первый газ», в рамках которой автовладельцы получают газовое оборудование в аренду на условиях обязательства по выборке газа. Контроль выборки объемов КППГ осуществляется ежемесячно. Программа реализуется совместно со 152 партнерскими пунктами по переоборудованию АТС в 53 регионах России (переоборудовано 935 единиц ТС);

«Дополнительная выгода», в рамках которой при переоборудовании автовладельцу возмещают часть затрат на установку ГБО с единовременной выплатой до 48 тыс. руб., а также скидкой на топливо в размере 10%.

Ранее в рамках программы «Год без забот» также осуществлялось переоборудование транспортных средств без единовременных капиталовложений. ООО «Газпром газомоторное топливо» предлагало воспользоваться краткосрочным целевым займом на срок 12 месяцев под 1% годовых, предоставляемым на приобретение и установку ГБО в партнерских сервисных центрах. Возврат займа осуществлялся за счет средств, сэкономленных от перехода на использование природного газа в качестве моторного топлива (в 2021 году в рамках данной программы переоборудовано 1 573 единицы ТС).

С целью популяризации природного газа в качестве моторного топлива в 2014 году ООО «Газпром газомоторное топливо» разработан и в июле 2015 г. зарегистрирован на территории Российской Федерации товарный знак EcoGas.

Успешно совершаются международные автопробеги газомоторных транспортных средств. Автопробег «Голубой коридор» впервые был организован в 2008 году Группой Газпром. С 2010 года его соорганизатором стала компания Uniper SE. Позднее к данному проекту присоединились другие участники европейского и российского газового и автомобильного рынков.

С 2008 года в нем приняли участие в общей сложности более 200 АТС на ГМТ заводского производства на компримированном и сжиженном природном газе. Они проехали более 60 тыс. км по 130 городам 26 стран Европы и Азии от Атлантического до Тихого океана. Автопробеги техники на природном газе являются важным инструментом популяризации использования природного газа на транспорте. Они дают возможность продемонстрировать действующую и перспективную ГЗИ, протестировать заводскую газомоторную технику, оценить экономическую и экологическую эффективность использования природного газа в качестве моторного топлива.

В целом модель организации энергоэффективной транспортной подсистемы промышленного предприятия наглядно изображена на рисунке 4.9, в данной модели отражены основные моменты организации работы для достижения энергоэффективности транспортной подсистемы промышленного предприятия такие как создание газозаправочной инфраструктуры включающие в себя ведомственную АГНКС, ПАГЗ, перевод парка транспортных средств и специальной техники на КПП, взаимодействие с газоснабжающей организацией с целью обеспечения надлежащего контроля показателей качества поставляемой потребителям газовой продукции.

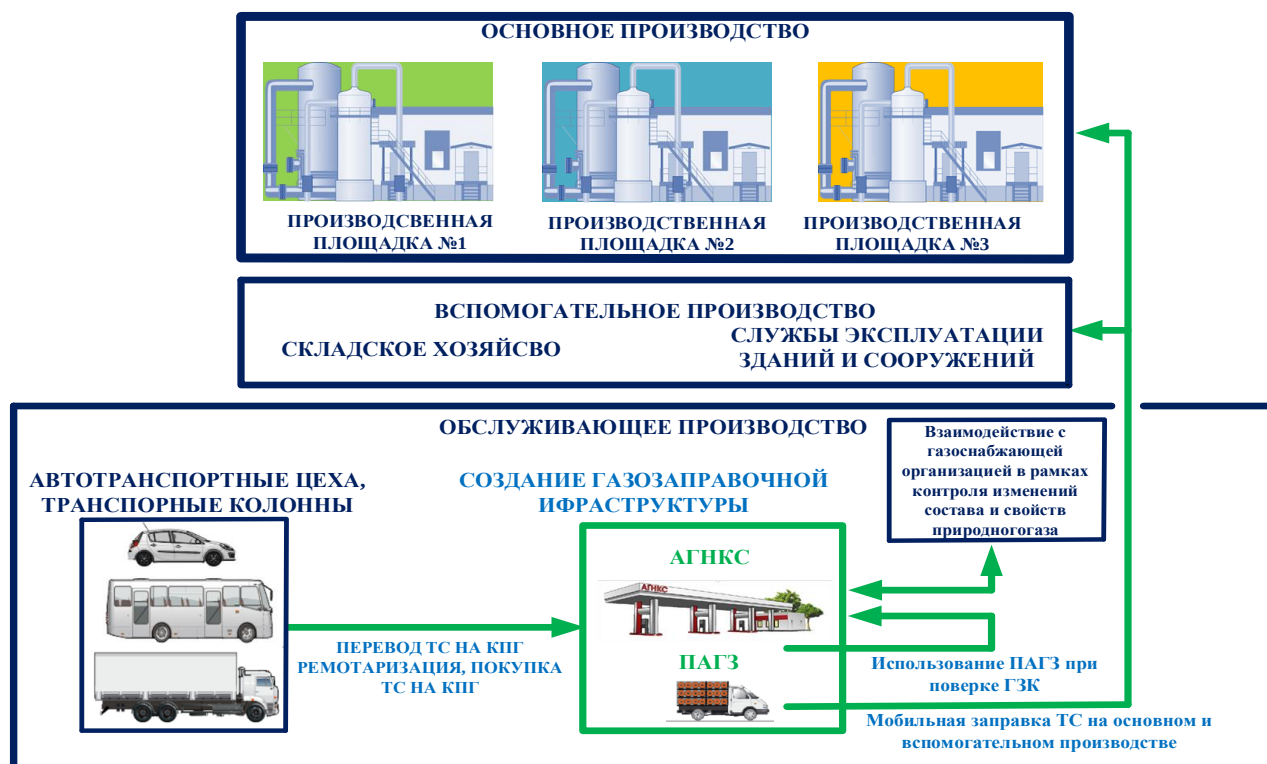


Рисунок 4.13 – Модель организации энергоэффективной транспортной подсистемы промышленного предприятия (разработана автором)

Сводная таблица эффектов от внедрения разработок автора приведена в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – 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

№	Внедрение разработок	Эффект от внедрения разработок
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%

ВЫВОДЫ ПО ЧЕТВЕРТОЙ ГЛАВЕ

По итогам практической реализации методов и моделей организации метрологического обеспечения на узлах коммерческого учета компримированного природного газа:

1. Представлена предлагаемая схема совершенствования системы стандартизации использования газомоторного топлива обслуживающими подсистемами промышленного производства, а также апробация модели «Передвижной автомобильный газовый заправщик» на примере обслуживающего производства ПАО «Газпром».

2. Серия стандартов о ресурсосбережении дополнена рекомендациями по организации обслуживающих подсистем с позиции ресурсосбережения. Совершенствование стандартов предлагается по пяти основным позициям, имеющим ключевое значение для организации газозаправочной

инфраструктуры промышленных предприятий. Также возможна разработка отраслевых стандартов об организации газозаправочной инфраструктуры промышленных предприятий и порядке использования газомоторного топлива.

3. 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%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реализация цели и задач, сформулированных в диссертационном исследовании, позволила получить ряд новых научных результатов и апробировать их для совершенствования системы энергетического менеджмента промышленного предприятия на основе использования газомоторного топлива. По итогам проведенного исследования сделаны следующие 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. Исследованы тенденции эксплуатации транспортной подсистемы предприятий Группы Газпром, показывающие долю автопарка на газомоторном топливе более 60%, превышение потребления сжатого природного газа над жидким топливом в 47% предприятий, приобретение в среднем одним предприятием 36 автомобилей с газомоторным оборудованием для производственных нужд;

5. Смоделированы оптимальные параметры среднегодовых затрат на закупку автомобилей на газомоторном оборудовании и модернизацию имеющегося автопарка (623,5 млн. руб.) и потребления сжатого природного газа в качестве моторного топлива (8789 тыс. м³) для достижения максимальной ресурсной эффективности транспортных подсистем за счет замещения бензинового топлива природным газом (190 млн. руб.).

6. 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».

7. В рамках повышения производственной ресурсной эффективности обоснована целесообразность перехода обслуживающих подсистем промышленных предприятий (транспортная подсистема, складское хозяйство) на газомоторное топливо ввиду его более низкой стоимости, наличия магистральных и распределительных газопроводов, снижения воздействия на окружающую среду продуктов сгорания, увеличения ресурса работы моторного двигателя по сравнению с использованием бензинового и дизельного топлива.

8. Обобщены существующие подходы и методики поверки газозаправочных колонок при использовании газомоторного топлива, определены операции первичной и периодической поверки газозаправочных

колонок, структурировано специализированное оборудование для поверки газозаправочных колонок на промышленных предприятиях. Выявлены недостатки известных методик поверки газозаправочных колонок, заключающиеся в необходимости стравливания газа из баллонов в атмосферу после проведения каждой операции заполнения и взвешивания баллонов, необходимости доставки на газонапорные станции тяжеловесных баллонов и весов, а также необходимости вывода из эксплуатации газозаправочных колонок при проведении поверки по заполнению баллонов.

9. 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.

10. Технико-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 ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аблатыпов, Т.Г. Формирование системы менеджмента качества в предпринимательских организациях: автореф... дис. кан. наук. – Казань: 2007. – 21 с.
2. Абрамов, Е. И. Разработка организационной структуры системы энергоменеджмента промышленного предприятия / Е. И. Абрамов, Л. А. Федоськина // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 4-3. – С. 545-549.
3. Агаев, Н.П. Информационно-технологические модели управления систем газоснабжения / Н.П. Агаев. – М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2011. – 204 с.
4. Алиев, В. К. Рациональное использование попутного нефтяного газа : монография / В.К. Алиев, Г.А. Крятова, В.В. Руденко. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. – 124 с.
5. Алферова, А.А. Оценка качества транспортного обслуживания на железнодорожном транспорте: автореф... дис. кан. наук. – Москва: 2017. – 24с.
6. Андреева, Е. В. Энергосбережение при эксплуатации мокрых газгольдеров [Энергосбережение при эксплуатации мокрого газгольдера в составе биогазовой установки] / Е. В. Андреева // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. – 2007. – № 4. – С. 1009. – EDN ICJCOJ.
7. Анисимов, К. В. Метан как перспективное газомоторное топливо / К. В. Анисимов, И. В. Ворошилов, П. Б. Шулекин // Gasworld Россия и СНГ. – 2017. – № 60. – С. 32-33.
8. 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.
9. Батталов, А. Ф. Многофазные испытательные стенды

газожидкостных смесей: аппараты, аттестация, воспроизведение: монография / В. Н. Петров, Ю. К. Евдокимов, К. А. Левин, С. Л. Малышев, В. Ф. Сопин, А. Ф. Батталов, Я. В. Денисова; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2022. – 196 с.

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

11. 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.

12. 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

13. 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.

14. 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.

15. 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.

16. Батталов, А. Ф. Совершенствование организационно-методических вопросов аналитического контроля качества природного газа в Испытательной лаборатории / А. Ф. Батталов, Р. Т. Саева, Я. В. Денисова // Омский научный вестник. – 2021. – № 4(178). – С. 29-33.
17. Безопасность и энергосбережение в электроэнергетике / О. В. Смирнов, С. В. Воробьева, А. Л. Портнягин [и др.] // Вестник МАНЭБ. – 2018. – Т. 23, № 2. – С. 48-51.
18. Белов, Д.Б. Проблема погрешности измерений при коммерческом учете ресурса (на примере поставки природного газа) / Д.Б. Белов, А.А. Игнатьев, С.И. Соловьев // Испытания. Измерения. Анализ. – 2012. – №9. – С. 20–24.
19. Белоновский, П.В. Разработка интерфейса геоинформационной системы сетей газораспределения АО «Газпром Газораспределение Оренбург» / П.В. Белоновский, И.В. Влацкая // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2016. – №2. – С. 93–99.
20. Брюханов, О.Н. Основы эксплуатации оборудования и систем газоснабжения / О.Н. Брюханов, А.И., Плужников. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 256 с.
21. Буклагина, Г. В. Экономическая эффективность перевода сельскохозяйственной техники на газомоторное топливо / Г. В. Буклагина // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. – 2002. – № 3. – С. 701.
22. Булатов, И. С. Пинч-технология. Энергосбережение в промышленности / И. С. Булатов. – Санкт-Петербург: Страта, 2012. – ISBN 978-5-86983-113-2.
23. Витрина статистических данных Федеральной службы государственной статистики РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://showdata.gks.ru/finder/descriptors>

24. Владимиров, В. В. Газомоторное топливо -путь к экологической безопасности и экономической эффективности / В. В. Владимиров // Газовая промышленность. – 2015. – № S3(728). – С. 108-109.
25. Воронов, А.А. Основы теории автоматического управления / А.А. Воронов. – М.: Энергия, 2014. – 372 с.
26. Воронова, Е.К. Управление результативностью деятельности организации на основе методологии менеджмента качества: автореф... дис. кан. наук. – Саранск: 2014. – 24 с.
27. Газизуллин, Б.Б. Использование газомоторного топлива на коммерческом транспорте // Презентация Средневолжского филиала ООО «Газпром газомоторное топливо».
28. Газомоторное топливо становится всё более популярным в России // Транспорт на альтернативном топливе. – 2019. – № 2(68). – С. 26-27.
29. Газпром газомоторное топливо» расширяет возможности экономии для автовладельцев в Республике Татарстан // Транспорт на альтернативном топливе. – 2023. – № 2(92). – С. 12-13.
30. АО «Газпром распределение». Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gpgrkirov.ru/about/uslugi-sluzhby-metrologii>.
31. АО «Газпром». Отдел метрологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sert-service.ru/gazprom-otdel-metrologii/>.
32. Гиргидов, А. Д. Механика жидкости и газа (гидравлика) / А. Д. Гиргидов. – Москва : ИНФРА-М, 2021. – 704 с.
33. Гнедова, Л.А. Нормирование влагосодержания КППГ с учетом региональных климатических условий / Л.А. Гнедова, К.А. Гриценко, Н.А. Лапушкин, В.Б. Перетряхина, И.В. Федотов И.В. // Транспорт на альтернативном топливе. – 2011. – № 2 (20). – С. 66-68.
34. ГОСТ 2939-63 «Газы. Условия для определения объема».

35. ГОСТ 8.586.1-5-2005 «Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств».

36. ГОСТ 8.611-2013 «Расход и количество газа. Методика (метод) измерений с помощью ультразвуковых преобразователей расхода».

37. ГОСТ Р 8.740-2011 «Государственная система обеспечения единства измерений. Расход и количество газа. Методика измерений с помощью турбинных, ротационных и вихревых расходомеров и счетчиков».

38. ГОСТ Р 8.741-2011 «Государственная система обеспечения единства измерений. Объем природного газа. Общие требования к методикам измерений».

39. ГОСТ Р 8.770-2011 «Государственная система обеспечения единства измерений. Газ природный. Коэффициент динамической вязкости сжатого газа с известным компонентным составом. Метод расчетного определения».

40. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования».

41. ГОСТ Р ИСО 9004-2019 «Менеджмент качества. Качество организации. Руководство по достижению устойчивого успеха организации».

42. Справочно-информационная система «Консультант Плюс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.consultant.ru/>.

43. Государственная система обеспечения единства измерений. Колонки газозаправочные КЗГТ-КСМ и КЗГТ-КСМ-ПАГЗ. Методика поверки МП-002/04-2017, разработана и утверждена ООО «ПРОММАШ ТЕСТ». – Москва, 2017. – С. 2-6.

44. Государственная система обеспечения единства измерений. Система измерительная количества компримированного газа, отпускаемого АГНКС. Методика поверки МП 87-221-2015, разработана и утверждена ФГУП «УНИИМ». – Екатеринбург, 2015. – С. 5-8.

45. Давыдов, Г. Е. Промышленный транспорт и его наука / Г. Е. Давыдов // Бюллетень транспортной информации. – 2020. – № 2(296). – С. 7-12.
46. Захарин, А.В. Расчет целесообразности и эффективности перевода дизельных энергосредств в газодизельный режим работы / А.В. Захарин, П.А. Лебедев, Р.В. Павлюк, Н.П. Доронина, Н.М. Цибин // Технический сервис машин. – 2023. – № 1 (150). – С. 57-66.
47. Золоторевский, С.А. Организация учета природного газа. Узел учета газа. Основные принципы, методы и средства обеспечения метрологической надежности узлов коммерческого учета газа / С.А. Золоторевский [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://packo.ru/publikatsii/organizatsiya-ucheta-prirodnogo-gazauzel-ucheta-osnovnyie-printsipyi-metodyi-i-sredstva-obespecheniya-metrologicheskoy-nadejnosti-uzlov-kommercheskogo-ucheta-gaza>
48. Интервью Генерального директора ООО "ГАЗПРОМ газомоторное топливо" Тимура Соина // АвтоГазоЗаправочный комплекс + Альтернативное топливо. – 2021. – Т. 20, № 1. – С. 3-4.
49. Исанова, А.В. Проектирование газораспределительных пунктов с применением телемеханики учета расхода газа / А.В. Исанова, В.И. Лукьяненко, Г. Н. Мартыненко. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 100 с.
50. Казаков, О. Юрии Липатов Что мешает России перейти на газомоторное топливо? / О. Казаков // Газохимия. – 2010. – № 11. – С. 34-36.
51. Киршина, И. А. Стратегическое управление энергопотреблением природного газа на промышленных предприятиях : монография / И. А. Киршина, В. А. Кокшаров ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский федеральный университет, Уральский государственный университет путей сообщения. – Екатеринбург : Изд-во Уральского ун-та, 2021. – 143 с.

52. Козлов, А.Д. Обеспечение единства измерений расхода и количества природного газа на основе стандартных справочных данных / А.Д. Козлов, В.А. Колобаев // Вести газовой науки. – 2019. – №1(38). – С. 156-162
53. Коробкова, М.Н. Оценка влияния организации управления интегрированным процессом перевалки грузов на качество обслуживания в морских портах: автореф... дис. кан. наук. – СПб: 2022. – 23 с.
54. Косаревская, А.В. Квалиметрическая оценка управленческих решений в системе менеджмента качества: автореф... дис. кан. наук. – Тула: 2010. – 19 с.
55. Лавров, И.М. Методология экономической оценки и управления качеством обслуживания грузовладельцев при взаимодействии транспортных компаний: автореф... дис. док. наук. – Москва: 2022. – 42 с.
56. Лебедев, А.Т., Снижение выбросов углекислого газа дизельной техники при выполнении технологических операций / А.Т. Лебедев, А.В. Захарин, П.А. Лебедев, Р.В. Павлюк, Н.А. Марьин // Наука в центральной России. – 2018. – №2(32). – С. 60-68.
57. Лобах, В. П. Энергосбережение на автомобильном транспорте / В. П. Лобах // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2006. – № 4(13). – С. 23-27.
58. Лобах, В. П. Энергосбережение на автомобильном транспорте / В. П. Лобах // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2006. – № 4(13). – С. 23-27.
59. Малышева, Т. В. Развитие регионального рынка нефтепродуктов Республики Татарстан с использованием информационных логистических технологий / Т. В. Малышева, А. И. Шинкевич // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2017. – № 12. – С. 4-9.
60. Малышева, Т. Проблемы организации ресурсосберегающих и экологических производственных систем / Т. Малышева, А. Шинкевич // Русский инженер. – 2019. – № 1(62). – С. 34-37.

61. Мартыненко, Г.Н., Луценко А.А., Лукьяненко В.И. Телеметрическая система передачи информации с объектов ОАО «Газпром газораспределение Воронеж» / Г.Н. Мартыненко, А.А. Луценко, В.И. Лукьяненко // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2023. – № 2 (31). – С. 17–21.
62. Мастепаненко, М.А. Расчет экономического эффекта перевода техники на альтернативные виды топлива с использованием информационных технологий / М.А. Мастепаненко, С.Г. Шматко, Г.Г. Шматко, Д.В. Шлаев // Сельский механизатор. – 2022. – №4. – С. 4-7.
63. Меньшиков, С. Н. Этапы перевода автотранспорта ООО «Газпром добыча Надым» на газомоторное топливо / С. Н. Меньшиков, Ю. Г. Пуртов, Ю. П. Швецов // Газовая промышленность. – 2018. – № S1(766). – С. 48-53.
64. Метрологическое обеспечение в ПАО «Газпром» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://metro.ru/html/mo/gazprom/>.
65. МИ 2667-2011. Расход и количество жидкостей и газов. Методика измерений с помощью осредняющих напорных трубок «annubar diamond ii+», «annubar 285», «annubar 485», «annubar 585». Основные положения.
66. МИ 3082-2007 «Выбор методов и средств измерений расхода и количества потребляемого природного газа в зависимости от условий эксплуатации на узлах учета. Рекомендации по выбору рабочих эталонов для их поверки».
67. 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.
68. Мольский, А. В. Система управления энергоэффективностью / А. В. Мольский, Т. В. Рябин // Энергия единой сети. – 2015. – № 3(20). – С. 4-14.

69. Морозова, О.Л. Совершенствование системы менеджмента качества малого предприятия на основе модели ее самооценки: автореф... дис. кан. наук: 05.02.23 / Морозова Ольга Леонидовна. – Брянск, 2009. – 19 с.
70. Мякишев, В. С. Энергосбережение на автомобильном транспорте / В. С. Мякишев // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2017. – № 7. – С. 42-45.
71. Новикова, О. В. Процессный подход в энергетическом менеджменте / О. В. Новикова, А. Д. Шадрин // Стандарты и качество. – 2014. – № 8. – С. 70-73.
72. Носкова, Е. Регионам помогут сэкономить переход на газомоторное топливо можно удешевить / Е. Носкова // АвтоГазоЗаправочный комплекс + Альтернативное топливо. – 2015. – № 1(94). – С. 27-28.
73. Организация метрологического обеспечения комплексного учета природного газа в единой системе газоснабжения [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://alfaopt.com/blog/kvartirnye-schetchiki/organizatsiya_metrologicheskogo_obespecheniya_kompleksnogo_ucheta_prirodnogo_gaza_v_edinoj_sisteme_gazosnabzheniya/.
74. Оценка рисков при обеспечении условий для перевода автотехники на газомоторное топливо / И. В. Макарова, Р. Г. Хабибуллин, Л. М. Габсалихова [и др.] // Сборник научных трудов SWorld. – 2013. – Т. 2, № 3. – С. 6-11.
75. Патент 06.03-19П.136 Энергосбережение в транспорте газа // РЖ 19П. Химия и переработка горючих полезных ископаемых и природных газов. – 2006. – № 3.
76. 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».

77. Патент № 2801298 С1 Российская Федерация, МПК G01F 25/00. Способ поверки 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».

78. 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».

79. Перевод автотехники на газомоторное топливо: преимущества, перспективы, риски / И. В. Макарова, Р. Г. Хабибуллин, И. И. Валиев, Л. М. Габсалихова // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2014. – № 1. – С. 52-55.

80. Перспективы и риски перевода автотранспорта на газомоторное топливо / И. В. Макарова, Р. Г. Хабибуллин, Л. М. Габсалихова, И. И. Валиев // АвтоГазоЗаправочный комплекс + Альтернативное топливо. – 2016. – № 2(107). – С. 9-13.

81. Попов, А. Т. Оптимизация технологического процесса промышленного железнодорожного транспорта металлургического комбината / А. Т. Попов, О. А. Сулова. – Липецк : Липецкий государственный технический университет, 2006. – 128 с.

82. Похилко, С. П. Обоснование цифровизации транспортных технологических процессов в промышленных узлах как ключевых объектах зарождения грузопотоков / С. П. Похилко, А. В. Бауэр // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. – 2024. – № 1(72). – С. 23-31.

83. Предупреждение и ликвидация газовых гидратов в системах добычи газа / В.А. Истомин, В.Г. Квон. – М.: ИРЦ Газпром, 2004. – 507 с.
84. Приказ Минэнерго России от 15.03.2017 № 179 «Об утверждении перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, выполняемых при учете используемых энергетических ресурсов, и обязательных метрологических требований к ним, в том числе показателей точности измерений».
85. Программа по расширению использования природного газа в качестве моторного топлива на собственном транспорте организаций Группы Газпром на 2023–2025 годы.
86. Промышленное производство в России. 2021: Стат.сб./Росстат. – М., 2021. – 305 с.
87. Промышленный транспорт / А. М. Орлов, Л. Н. Иванкова, Т. Г. Кузнецова, И. В. Симачкова. – Москва : Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Российский университет транспорта", 2020. – 322 с. – ISBN 978-5-7473-1014-8.
88. Рогова, Е.В. Методы повышения качества обслуживания грузовладельцев на основе совершенствования системы взаимодействия транспортных компаний: автореф... дис. кан. наук. – Москва: 2017. – 24 с.
89. Ромашева, М.А. Совершенствование планирования операционных затрат производственных объектов железнодорожной инфраструктуры с использованием процессного подхода: автореф... дис. канд. наук: 5.2.3 / Ромашева Мария Александровна. – Новосибирск, 2023. – 23 с.
90. Российский статистический ежегодник. 2022: Стат.сб./Росстат. –, 2022 – 691 с.
91. Росстат [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru>.

92. Сажин, О. В. Разработка датчиков расхода жидкости и газа на основе микросенсора теплового потока / Сажин О.В. – Москва : Флинта, 2017. – 54 с.
93. Сазонов, А. А. Энергоэффективность и энергосбережение / А. А. Сазонов // Водоочистка. – 2020. – № 11. – С. 14-19.
94. Саидов, Ж. Ж. Преимущества перехода на газомоторное топливо / Ж. Ж. Саидов, С. Ф. Фозилов // Universum: технические науки. – 2019. – № 12-1(69). – С. 88-92.
95. Саликов, А. Р. Технологические потери природного газа при транспортировке по газопроводам. Магистральные газопроводы. Наружные газопроводы. Внутридомовые газопроводы / А. Р. Саликов. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 112 с.
96. Семинар НГА «Газомоторное топливо: технологические аспекты и перспективные пути развития» // Транспорт на альтернативном топливе. – 2016. – № 3(51). – С. 8-12.
97. Система «ИС Метрология» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://xdbi.ru/services/sistema-is-metrologiya/?yclid=12839212910757281791>
98. Система коммерческого учета расхода газа частными потребителями с использованием новейших технологий / Н.И. Гудаков, С.А. Рогачёва, И.А. Здобников, Г.Н. Мартыненко // Физико-технические проблемы энергетики, экологии и энергоресурсосбережения: труды 21-й научно-технической конференции, – 2019. – С. 63–66.
99. Смирнов, В. Г. Основные принципы формирования систем управления энергосбережением в промышленности / В. Г. Смирнов // Экономика и управление в машиностроении. – 2014. – № 5. – С. 43-45.
100. Справочник «Газпром в цифрах 2018-2022» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gazprom.ru/f/posts/56/691615/gazprom-in-figures-2018-2022-ru.pdf>.

101. Стапенко, М.С. Оценка погрешности счетчиков расхода газа с учетом коэффициентов влияния в условиях эксплуатации / М. С. Остапенко, Д. С. Василега, М. А. Попова, Н. А. Василега // Естественные и технические науки. – 2019. – № 6(132). – С. 169-172.
102. СТО Газпром 5.32-2009 «Организация измерений природного газа».
103. Тархов, С. А. Промышленный транспорт России / С. А. Тархов // Научно-образовательный портал «Большая российская энциклопедия». – 2023. – № 8.
104. Траньков, Д. О. Энергосбережение и энергоэффективность: политика повышения / Д. О. Траньков // Энергия: экономика, техника, экология. – 2014. – № 7. – С. 19-23.
105. Туликов, А. В. Энергетический менеджмент на основе ГОСТ р ИСО 50001-2023 / А. В. Туликов, И. В. Иванов // Энергосбережение. – 2023. – № 6. – С. 14-21.
106. Тухватуллин, Ф.Г. О причинах разбаланса природного газа в системе газораспределения и методах прогнозирования его величины / Ф.Г. Тухватуллин, Д.С. Семейченков // Территория нефтегаз. – 2017. – №6. – С. 14-20.
107. Указ Президента Российской Федерации от 01.04.1996 г. № 440 О Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/9120>.
108. Фельдбаум, А.А. Вычислительные устройства в автоматических системах / А.А. Фельдбаум. – М.: Гос. Издательство физико-математической литературы, 2017. – 800 с.
109. Харисова, С. ГОСТ р ИСО 50001- 2012 пойдет в массы / С. Харисова // Стандарты и качество. – 2013. – № 2. – С. 41.
110. Хрусталева, Е. Ю. Технологический прогресс и энергоэффективность в промышленности и на транспорте / Е. Ю. Хрусталева,

П. Д. Ратнер // Экономический анализ: теория и практика. – 2015. – № 2(401). – С. 36-44.

111. Цены на бензин в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fuelprices.ru/>.

112. Шевелев, Л. Н. Энергосбережение и энергоэффективность производства в машиностроении и металлургии / Л. Н. Шевелев, А. А. Бродов, Ю. А. Прилуцкая // Электрометаллургия. – 2011. – № 4. – С. 2-11.

113. Шинкевич, А. И. Проекты энерго-, ресурсосбережения на предприятиях Республики Татарстан в условиях кризиса / А. И. Шинкевич, Т. В. Малышева, И. А. Зарайченко // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – № 2. – С. 294-299.

114. Энергосбережение в промышленности и на транспорте // Металлург. – 2004. – № 5. – С. 24-25.

115. Энергосбережение на транспорте / Г. А. Батарев, Н. М. Гайдаш, В. Н. Мальцев, В. В. Мальцев // Электрика. – 2013. – № 11. – С. 14-19.

116. Кудрявцева, С. С. Повышение экологичности нефтехимических предприятий на основе использования инноваций / С. С. Кудрявцева, М. В. Шинкевич, О. В. Минулина // Современные наукоемкие технологии. – 2021. – № 7. – С. 30-35.

117. Шинкевич, А. И. Тенденции бизнес-решений в развитии интеллектуального производства / А. И. Шинкевич, С. С. Кудрявцева, М. В. Шинкевич // Вестник университета. – 2020. – № 8. – С. 41-47.

118. Шинкевич, А. И. Диагностика зависимости основного производства от производственной инфраструктуры на основе ансамблевого метода машинного обучения / А. И. Шинкевич, Т. В. Малышева // Общество: политика, экономика, право. – 2023. – № 8(121). – С. 114-120.

119. Шинкевич, А. И. Мониторинг процессов энергосбережения в производственных системах на основе математической статистики / А. И. Шинкевич, Т. В. Малышева, Л. Н. Иванова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2021. – Т. 23, № 4(102). – С. 57-64.

120. Шинкевич, М. В. Тенденции и перспективы развития инструментов ресурсосбережения на предприятиях нефтегазохимического комплекса / А. А. Лубнина, М. В. Шинкевич, Л. Ш. Сафарова // Современные наукоемкие технологии. – 2021. – № 11-2. – С. 255-260.

121. Шинкевич, М. В. Организационные направления повышения конкурентоспособности продукции промышленных предприятий / М. В. Шинкевич, Л. Ш. Сафарова // Вопросы устойчивого развития общества. – 2020. – № 10. – С. 38-46.

122. Хакимуллин, Ю.Н. Моделирование системы управления коммуникациями химического предприятия на основе сетей Петри / Ф. Ф. Галимулина, Ю. Н. Хакимуллин, М. И. Фарахов // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2021. – Т. 77, № 4. – С. 44-47.

123. Фарахов, М. И. Энерго- и ресурсосберегающие модернизации промышленных установок на предприятиях нефтегазохимического комплекса / А. Г. Лаптев, М. И. Фарахов, Н. Г. Минеев // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2011. – № 2(9). – С. 150-158.

124. Adilova, N. Ja. U. Algorithm for simulating the number and order of cars in the train arriving at the access track / N. Ja. U. Adilova // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева. – 2021. – No. 2(117). – Pp. 35-41.

125. Bashirova, A. F. Energy saving in pipeline transport / A. F. Bashirova // Молодой ученый. – 2022. – No. 48(443). – Pp. 20-21.

126. ВІ-портал Федеральной службы государственной статистики РФ [электронный ресурс] - URL: <http://bi.gks.ru/biportal/>.

127. Bogatenkov, S. A. Energy saving with the help of information and measuring systems: security system modeling / S. A. Bogatenkov, L. N. Palamarchuk // Bulletin of the South Ural State University. Series: Computer

Technologies, Automatic Control, Radio Electronics. – 2020. – Vol. 20, No. 2. – Pp. 138-145.

128. Development and concentration efficiency study of enterprises innovation activity in real sector of economy / T. V. Malysheva, A. I. Shinkevich, E. V. Zelenkina [et al.] // Eurasian Journal of Analytical Chemistry. – 2017. – Vol. 12, No. 7. – Pp. 1347-1356.

129. Investigation of energy consumption trends in petrochemical plants for the management of resource saving / A. I. Shinkevich, T. V. Malysheva, I. A. Zaraichenko [et al.] // E3S Web of Conferences : 2019 International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems, SES 2019, Kazan, 18–20 сентября 2019 года. Vol. 124. – Kazan: EDP Sciences, 2019. – P. 04005.

130. Malysheva, T. V. Study of trends in the formation of energy intensity of production and the structure of “energy portfolio” / T. V. Malysheva, A. A. Yarlychenko, I. I. Ishmuradova // International Journal of Energy Economics and Policy. – 2020. – Vol. 10, No. 4. – Pp. 36-42.

131. Meshalkin, V. P. System analysis of the efficiency of secondary energy resources use in circular economy / V. P. Meshalkin, A. I. Shinkevich, T. V. Malysheva // ChemChemTech. – 2021. – Vol. 64, No. 8. – Pp. 79-89.

132. Nikitenko, G. V. Energy conservation in buildings of the protected soil / G. V. Nikitenko, A. N. Simikin // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. – 2007. – No. 5(49). – Pp. 141-143.

133. Perspective directions of improving energy efficiency on the meso and micro levels of the economy / T. V. Malysheva, A. I. Shinkevich, S. S. Ostanina [et al.] // Journal of Advanced Research in Law and Economics. – 2016. – Vol. 7, No. 1. – Pp. 75-83.

134. Platonova, M. The influence of facade insulation on energy saving and energy efficiency of the building / M. Platonova, A. Khazanova, I. Yudina // Студенческий. – 2023. – No. 16-7(228). – Pp. 26-29.