

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование)

13.03.03 Энергетическое машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Альтернативные источники энергии транспортных средств

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Переоборудование автомобиля ГАЗон Next для использования CNG в качестве
альтернативного топлива

Обучающийся

А.С. Борониев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент А.В. Бобровский

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультант

канд. техн. наук, доцент А.Н. Москалюк

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2025

Аннотация

Бакалаврская работа выполнена на тему: «Переоборудование автомобиля ГАЗон Next для использования CNG в качестве альтернативного топлива».

Цель работы: разработка проекта переоборудования автомобиля ГАЗон Next для работы на сжатом природном газе с сохранением эксплуатационных характеристик и обеспечением безопасности.

Основные задачи работы:

- анализ существующих конструктивных решений по переводу автомобилей на газомоторное топливо;
- изучение технических особенностей ГАЗон Next, влияющих на процесс переоборудования;
- выбор оптимального оборудования для установки газовой системы (баллоны, редуктор, система впрыска и другое);
- разработка рекомендаций по эксплуатации и техническому обслуживанию газобаллонного оборудования.

Объект работы – автомобиль ГАЗон Next с возможностью работы на CNG.

Предмет работы – процесс переоборудования и адаптации систем автомобиля для использования сжатого природного газа.

Методы исследования:

- анализ технической и патентной документации,
- компьютерное моделирование (CAD/CAE-системы).

Практическая значимость состоит в том, что результаты работы могут быть использованы автотранспортными предприятиями для снижения затрат на топливо и уменьшения вредных выбросов.

Структура работы включает введение, четыре раздела основного содержания, заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложение.

В первом разделе проведен анализ современных тенденций использования компримированного природного газа (CNG) в качестве моторного топлива. Рассмотрены основные характеристики CNG, включая физико-химические свойства, энергетическую эффективность и экологические преимущества

Во втором разделе выполнен анализ существующих конструкций креплений газовых баллонов на автомобилях. Проведен прочностной расчет болтовых соединений, подтвердивший надежность конструкции.

В третьем разделе рассмотрен технологический процесс заправки автомобиля на АГНКС.

В четвертом разделе проведен комплексный анализ безопасности и экологичности проекта, оценены потенциальные риски для персонала и окружающей среды, разработаны инженерные и организационные меры по их минимизации, предложены решения, обеспечивающие соответствие проекта действующим нормам охраны труда и экологическим стандартам.

Пояснительная записка на 50 страницах, объем графической части составляет 6 листов формата А1.

Abstract

The title of the graduation work is: «The conversion of the GAZon Next vehicle for CNG use as an alternative fuel».

The aim of the project is to analyze the feasibility and develop a technical solution for converting the GAZon Next vehicle to operate on compressed natural gas (CNG), ensuring efficiency, safety, and compliance with modern environmental standards.

The work explores the conversion of a diesel-powered GAZon Next vehicle to run on CNG, addressing technical, economic, and environmental aspects. The study includes an analysis of CNG properties, combustion processes, global experience in gas engine fuel application, and technical adaptations required for internal combustion engines (ICE).

The graduation project may be divided into several logically connected parts: an introduction, four general parts, a conclusion, a list of references, appendices, and a graphic part.

The graphic part is presented on 6 A1 sheets.

In the first part of the graduation project, the current state of CNG technology is examined, including key characteristics of CNG, combustion features, global trends in gas motor fuel usage, and technical considerations for CNG implementation in ICEs.

In the second part, the design development is presented, including an analysis of existing CNG storage systems, their shortcomings, and a proposed design for cylinder mounting. Additionally, strength calculations for bolted connections securing the cylinders are performed to ensure structural integrity.

The third section covers the technological aspects of the conversion process, including installation requirements, safety measures, and operational recommendations for the modified vehicle.

The special part of the graduation work gives details about the safety and environmental friendliness of the project.

Содержание

Введение.....	6
1 Состояние вопроса	8
1.1 Основные характеристики CNG	8
1.2 Особенности процессов сгорания	9
1.3 Мировой опыт использования газомоторного топлива	10
1.4 Технические аспекты применения CNG в ДВС.....	12
2 Конструкторская разработка.....	14
2.1 Анализ существующих конструкций и их недостатки, проектный расчет крепления баллонов	14
2.2 Расчет болтовых соединений крепления баллонов на прочность	16
3 Технологическая часть	20
4 Безопасность и экологичность технического объекта	23
4.1 Структурно-функциональный анализ	25
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	27
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	30
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	36
4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса переоборудования автомобиля ГАЗон Next для использования CNG в качестве альтернативного топлива	41
Заключение	45
Список используемой литературы и используемых источников.....	46
Приложение А. Спецификация.....	49

Введение

В условиях глобального роста экологических требований и ужесточения норм выбросов вредных веществ транспортными средствами всё большую значимость приобретает переход на альтернативные виды топлива. Одним из наиболее перспективных направлений в этом контексте является использование компримированного природного газа (КПГ, по английскому CNG – Compressed Natural Gas) в качестве моторного топлива.

Природный газ обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными нефтепродуктами: более низкая стоимость, уменьшенное количество вредных выбросов, а также высокая детонационная стойкость, что положительно влияет на ресурс двигателя. Кроме того, использование CNG способствует энергетической независимости стран, обладающих значительными запасами природного газа, таких как Россия.

Грузовой автомобиль ГАЗон Next – одна из ключевых моделей Горьковского автомобильного завода, широко применяемая в коммерческих перевозках, логистике и муниципальном хозяйстве. Однако его штатные версии работают на дизельном топливе или бензине, что влечёт за собой высокие эксплуатационные расходы и негативное воздействие на окружающую среду. В связи с этим переоборудование ГАЗон Next под использование CNG представляется экономически и экологически обоснованным решением.

Мировой опыт демонстрирует активное внедрение газомоторных технологий в коммерческом транспорте, особенно в странах с развитой инфраструктурой заправки CNG. В России этот процесс также набирает обороты, чему способствуют государственные программы поддержки и растущая осведомлённость предприятий о долгосрочной выгоде перехода на газ. Однако переоборудование автомобилей требует тщательного анализа технических, экономических и нормативных аспектов, что делает данную тему особенно актуальной для изучения.

Перевод автомобиля ГАЗон Next на CNG предполагает не только установку дополнительного оборудования, но и пересмотр параметров работы двигателя, системы подачи топлива и безопасности. Важно учитывать, что такие изменения должны соответствовать действующим стандартам и не снижать эксплуатационные характеристики транспортного средства.

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью создания эффективного и безопасного решения для интеграции газобаллонного оборудования в конструкцию автомобиля ГАЗон Next. При этом важно учитывать нормативные требования, предъявляемые к установке газовых систем, а также особенности компоновки шасси и кузова данного транспортного средства. Разработка креплений газовых баллонов должна обеспечивать не только прочность и устойчивость баллонов, но и удобство их обслуживания, а также минимальное влияние на грузоподъемность и маневренность автомобиля.

Таким образом, данная работа направлена на решение важной практической задачи – разработку конструкции крепления газовых баллонов для автомобиля ГАЗон Next, что будет способствовать расширению возможностей использования данного транспортного средства на альтернативных видах топлива.

Результаты работы могут быть полезны для автотранспортных предприятий, занимающихся модернизацией техники, а также для производителей газобаллонного оборудования.

1 Состояние вопроса

Современный автомобильный транспорт сталкивается с рядом вызовов, связанных с ужесточением экологических норм, ростом цен на традиционные виды топлива и необходимостью снижения зависимости от нефтепродуктов. В этом контексте газообразное топливо, такое как сжатый природный газ (КПГ, CNG) и сжиженный нефтяной газ (СНГ, LPG), рассматривается как перспективная альтернатива бензину и дизелю [23].

Использование газомоторного топлива позволяет значительно сократить выбросы вредных веществ, включая углекислый газ (CO_2), оксиды азота (NO_x) и твердые частицы (PM). Кроме того, природный газ обладает более стабильной ценой по сравнению с нефтепродуктами, что делает его экономически выгодным решением для коммерческого транспорта.

1.1 Основные характеристики CNG

Сжатый природный газ представляет собой очищенный от примесей природный газ, сжатый под давлением 200-250 атмосфер для хранения в специальных баллонах.

Основные физико-химические свойства метана как основного компонента CNG:

- молекулярная масса: 16,043 кг/кмоль;
- плотность при нормальных условиях: 0,717 кг/м³;
- температура кипения: минус 161,5°C;
- теплота сгорания: низшая: 50,0 МДж/кг, высшая: 55,5 МДж/кг;
- октановое число: 120-130;
- стехиометрический состав смеси с воздухом: 1:9,52;
- пределы воспламеняемости в смеси с воздухом: 5-15% [7].

Особое значение для использования в ДВС имеет высокое октановое число метана, которое значительно превышает аналогичный показатель для

бензинов (92-98 для АИ-92/АИ-98). Это позволяет увеличить степень сжатия в двигателе и, как следствие, повысить его термический КПД.

1.2 Особенности процессов сгорания

Процесс сгорания метановоздушной смеси в ДВС имеет ряд характерных особенностей:

- скорость распространения пламени составляет 30-40 см/с, что несколько ниже, чем у бензиновоздушной смеси (40-50 см/с). Это требует корректировки угла опережения зажигания;
- температура сгорания достигает 1875°C, что выше, чем у бензина (1750°C). Это может приводить к увеличению термической нагрузки на детали цилиндропоршневой группы;
- для полного сгорания 1 м³ метана теоретически требуется 9,52 м³ воздуха. Практически используется коэффициент избытка воздуха α равный 1,05-1,2;
- удельный расход топлива при работе на CNG составляет 0,25-0,3 кг/кВт·ч, что на 5-7% выше, чем у бензина, из-за меньшей теплоты сгорания единицы объема смеси [9].

Одним из главных преимуществ газообразного топлива является его экологичность.

По сравнению с бензином и дизелем, CNG обеспечивает:

- снижение выбросов CO₂ на 20–25%;
- уменьшение выбросов NO_x на 30–50%,
- практически полное отсутствие сажи и твердых частиц,
- отсутствие сернистых соединений в выхлопных газах.

Эти факторы делают газ особенно актуальным в условиях ужесточения экологических стандартов (Евро-6, Евро-7) и роста интереса к «зелёной» логистике.

Природный газ дешевле бензина и дизельного топлива, что обеспечивает значительную экономию при эксплуатации транспорта. В среднем, переход на CNG позволяет снизить топливные затраты на 30–50%. Кроме того, в ряде стран (включая Россию) действуют налоговые льготы и субсидии для владельцев газомоторной техники.

Мировые запасы природного газа существенно превышают запасы нефти, что делает его более устойчивым энергоресурсом в долгосрочной перспективе. Для России, обладающей крупнейшими запасами газа, развитие газомоторного топлива также способствует снижению зависимости от экспорта нефтепродуктов.

1.3 Мировой опыт использования газомоторного топлива

На сегодняшний день можно выделить несколько стран, которые являются безусловными лидерами в области внедрения компримированного природного газа (CNG) в автомобильном транспорте. Эти государства демонстрируют различные модели развития газомоторной отрасли, основанные на особенностях экономики, наличии ресурсов и государственной политике.

Китай занимает первое место в мире по количеству транспортных средств, работающих на CNG. По последним данным, в стране насчитывается более 7,5 миллионов таких автомобилей, что составляет около 18% мирового парка газомоторной техники [32].

Основными факторами стремительного роста стали:

- жесткая экологическая политика правительства,
- наличие значительных запасов природного газа,
- развитая сеть из более чем 9,000 газозаправочных станций.

Особенно популярен CNG в сфере общественного транспорта – более 80% городских автобусов в крупных мегаполисах работают на газе.

Иран является вторым по величине рынком CNG с парком около 4,5 миллионов автомобилей.

Уникальность иранской модели заключается в:

- государственных субсидиях на газ как моторное топливо,
- низкой стоимости переоборудования автомобилей,
- наличии более 2400 заправочных станций.

При этом 35% всего потребляемого в стране газа используется именно в транспортном секторе.

Индия демонстрирует один из самых высоких темпов роста CNG-транспорта.

Основные характеристики индийского рынка:

- более 3 миллионов газомоторных транспортных средств,
- особое внимание развитию инфраструктуры в крупных городах,
- активное использование в такси и коммерческом транспорте,
- более 4500 заправочных станций, с планами увеличения до 10000 к 2030 году.

Пакистан обладает четвертым по величине парком CNG-транспорта в мире (около 3,8 млн. единиц).

Особенности пакистанского опыта:

- самая плотная сеть газозаправок в мире (более 3500 станций),
- доступные цены на переоборудование,
- государственная программа поддержки перевода транспорта на газ.

Аргентина является лидером среди стран Латинской Америки по использованию CNG:

- парк около 2,3 миллионов автомобилей,
- развитая инфраструктура (более 1900 заправок),
- долгая история использования газа в транспорте (с 1980-х годов).

Италия занимает первое место в Европе по количеству CNG-транспорта:

- более 1,2 миллиона автомобилей,
- 1350 заправочных станций,
- система государственных льгот для владельцев газомоторных авто.

США, несмотря на наличие значительных запасов газа, развивают CNG-транспорт преимущественно в коммерческом секторе:

- около 175000 газомоторных транспортных средств,
- более 1600 заправочных станций.

В России наблюдается устойчивый рост CNG-транспорта:

- парк около 200000 единиц,
- активное развитие инфраструктуры (более 600 станций),
- государственная программа поддержки до 2030 года [14, 33].

Анализ мирового опыта показывает, что успешное внедрение CNG требует комплексного подхода, включающего развитие инфраструктуры, меры государственной поддержки и создание благоприятных экономических условий для перевода транспорта на газомоторное топливо.

1.4 Технические аспекты применения CNG в ДВС

Для успешной работы на компримированном природном газе двигатель должен соответствовать определенным требованиям:

- установка газовых форсунок с повышенным быстродействием,
- монтаж редуктора высокого давления,
- применение специальных топливных магистралей, рассчитанных на 250-300 бар,
- увеличенная энергия искрообразования,
- корректировка угла опережения зажигания (плюс 5 минус 10°),
- усиленные клапана и седла, модифицированная конструкция поршней [28].

Использование CNG требует особого внимания к вопросам безопасности.

Конструкция баллонов:

- обязательная сертификация по стандартам ISO 11439,
- наличие предохранительных клапанов,
- испытания на ударную вязкость и усталостную прочность.

Система аварийной защиты:

- электромагнитные клапаны с датчиками утечки,
- автоматическое отключение подачи газа при ДТП,
- системы вентиляции газовых отсеков.

Эксплуатационные требования:

- регулярная проверка герметичности системы,
- специальные требования к помещению для ТО,
- обучение персонала правилам работы с ГБО.

Выводы по разделу.

Анализ физико-химических свойств сжатого природного газа показывает его значительный потенциал в качестве альтернативного топлива для грузовых автомобилей, в частности для моделей семейства ГАЗон Next.

Основные преимущества CNG:

- существенное снижение эксплуатационных затрат,
- значительное улучшение экологических показателей,
- увеличение ресурса двигателя.

Однако для успешного применения CNG необходимо учитывать:

- необходимость модернизации топливной системы,
- увеличение массы автомобиля,
- требования к инфраструктуре заправки.

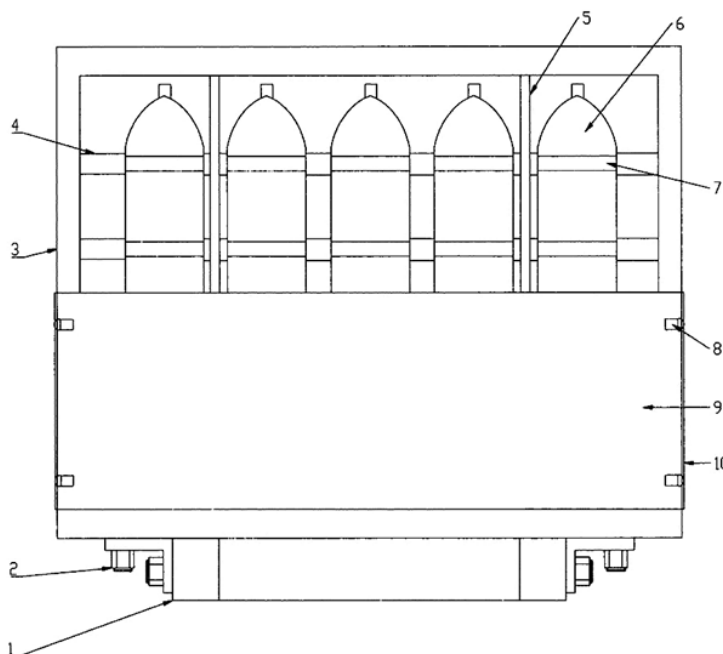
Оптимальным решением для ГАЗон Next представляется использование систем ГБО 5-го поколения, которые обеспечивают наиболее эффективное использование газового топлива при минимальном влиянии на динамические характеристики автомобиля.

2 Конструкторская разработка

2.1 Анализ существующих конструкций и их недостатки, проектный расчет крепления баллонов

«При установке газобаллонного оборудования на газовых автомобилях различных модификаций существует постоянная проблема с компоновочным решением расположения заправочного узла и установкой редукторов. Возникают проблемы с прокладкой новой трассы газовых трубок под каждую модель автомобиля» [21].

«Существует устройство для крепления газовых баллонов к раме транспортного средства и защиты их от коррозии, содержит контейнер со средством фиксации в нем баллонов для сжатого газа и средство крепления контейнера на несущей поверхности транспортного средства (рисунок 1).



- 1 – рама транспортного средства; 2 – крепеж силового элемента короба к раме;
3 – силовой короб; 4 – горизонтальная силовая балка; 5 – вертикальная силовая распорка
короба; 6 – газовый баллон; 9,10 – пластиковые защитные кожухи;
8 – быстросъемные зажимы-стяжки; 7 – хомуты крепления баллонов

Рисунок 1 – Устройство для крепления газовых баллонов к раме транспортного средства

Силовой короб 3 располагается вертикально на раме транспортного средства и представляет собой пространственную конструкцию, выполненную из силовых элементов. Между собой элементы конструкции крепятся болтовыми соединениями. Для придания жесткости коробу в нем закреплены вертикальные 5 и горизонтальные 4 распорки. В верхней части короба приварены проушины для возможности захвата контейнера грузоподъемным устройством. Короб крепится к раме посредством уголков с силовыми болтовыми соединениями. Дно короба представляет собой площадку, в виде листа стали или рифленого алюминия, закрепляемого к силовой конструкции с помощью болтовых соединений. В коробе 3 газовые баллоны 6 размещены на горизонтальных балках 4, являющихся ложементами, и закреплены на них с помощью хомутов 7 (по три на каждый баллон) с компенсационными подкладками. Снаружи (спереди и сзади) устанавливаются пластиковые кожухи 9 наполовину высоты баллонов, крепящиеся к силовой конструкции через быстросъемные зажимы стяжки 8, обеспечивающие быстрый доступ при обслуживании газобаллонного оборудования, плотное прилегание кожуха обеспечивает резиновый уплотнитель по его периметру. По бокам короба так же устанавливаются пластиковые кожухи 10 наполовину высоты баллонов и закрепляются посредством уже имеющихся болтовых соединений от силовой конструкции 3 и горизонтальной распорки 4» [22].

Для проектного автомобиля принимаем расположение баллонов горизонтально за кабиной.

«Газодизель ЯМЗ-5344-20 представляет собой ДВС, для которого в качестве топлива применяется сжатый природный газ (метан). Применение КПП позволяет замещать высокий процент дизтоплива (80. Основа конструкции газодизеля ЯМЗ-5344-20 – это обычный поршневой дизельный ДВС ЯМЗ-5344-20 с дополнительным топливным оборудованием, которое помогает хранить и подавать газ» [18].

Топливная система состоит из подогревателя и испарителя газа, газового редуктора (его задача заключается в понижении и удерживании постоянного

уровня давления газа на выходе), смесителя воздуха с газом и газовых баллонов.

«Нормальная работа двигателя базируется на впрыскивании (через газовые форсунки) в цилиндры так называемой «запальной» порции дизельного топлива. Она составляет от 15 до 30 % обычной дозы (в зависимости от марки ГБО). Именно такое количество дизельного топлива необходимо для его самовоспламенения и поджога газозвушной смеси.

Следует заметить, что воспламенение дизельного топлива происходит при температуре от 320°С до 380 °С, тогда как температура воспламенения от сжатия воздушно-газовой смеси должна достигать 700°С. Поэтому в состав топливной аппаратуры входит насос высокого давления (ТНВД), с помощью которого гарантируется точная подача небольших порций дизтоплива, необходимых для бесперебойной работы двигателя с любой нагрузкой» [2].

Главное достоинство газодизеля ЯМЗ-5344-20 заключается в том, что при опустевших газовых баллонах автомобиль может продолжать движение в своем обычном режиме – на дизельном топливе.

Спецификация на автомобиль ГАЗон Next (рисунок А1) и спецификация на крепление баллонов (рисунок А2) представлены в Приложении А.

2.2 Расчет болтовых соединений крепления баллонов на прочность

Для крепления баллона используется 2 болта М8, материал G3 [σ] принимается равной 65 МПа [11, 12]. Нагрузка на один болт будет действовать сила равная 35 кг равно 350 Н.

«Напряжение на разрыв определяется по выражению:

$$\sigma = \frac{F}{A} \leq [\sigma], \quad (1)$$

где F – нагрузка на болт, МПа;

A – площадь сечения болта, м²;

$[\sigma]$ – допустимое напряжение на разрыв, МПа» [13].

«Площадь сечения болта определяется по выражению:

$$A = \frac{\pi d^2}{4}, \quad (2)$$

где d – диаметр болта» [13].

$$A = \frac{3,14 \cdot 0,008^2}{4} = 0,00005 \text{ м}^2,$$

$$\sigma = \frac{350 \cdot 10^{-6}}{0,00005} = 13 \text{ МПа} \leq [\sigma].$$

При пятикратных нагрузках напряжение будет равно

$$\sigma = 13 \cdot 5 = 65 \text{ МПа.}$$

Условия прочности выполняются.

Для крепления конструкции к раме автомобиля используют 4 болта М12, материал Ст. 3пс, у которой $[\sigma]_0$ равна 22 МПа [11, 12]. Исходные данные для расчета: вес конструкции с баллонами 600 Н.

«Нагрузка составит для одного болта:

$$P = \frac{M}{n}, \quad (3)$$

где M – вес конструкции с баллонами, Н;

n – количество болтов» [1].

$$P = \frac{6000}{4} = 1500 \text{ Н.}$$

«Допустимая нагрузка на болт определяется:

$$Q = \frac{\pi d_p^2}{4} \cdot [\zeta]_p \cdot \theta + \frac{\pi d_e^2}{4} \cdot [\tau]_{cp}, \quad (4)$$

где d_p – расчетный диаметр болта, м;

d_e – диаметр стержня в опасном сечении, м;

$[\zeta]_p$ – допустимое напряжение при растяжении, МПа;

θ – коэффициент трения, принимаем равным 0,18;

$[\tau]_{cp}$ – допустимое напряжение среза, МПа» [11, 12].

«Расчетный диаметр болта определится:

$$d_p = d - 0,94 \cdot S, \quad (5)$$

где d – наружный начальный диаметр резьбы; принимаем равным 10 мм;

S – шаг резьбы, принимаем равным 2 мм» [1].

$$d_p = 10 - 0,94 \cdot 2 = 8,12 \text{ мм, выбираем болт М14.}$$

«Допустимое напряжение $[\zeta]_p$, выбранное в зависимости от предела текучести ζ_T материала определится:

$$[\zeta]_p = \frac{\zeta_T}{n}, \quad (6)$$

где n – коэффициент безопасности, принимается равным 2,5» [12].

$$[\zeta]_p = \frac{22}{2,5} = 8,8 \text{ МПа.}$$

Допустимое напряжение на срез определится:

$$[\tau]_{cp} = (0,2 - 0,3) \cdot \zeta_T, \quad (7)$$

$$[\tau]_{cp} = 0,25 \cdot 22 = 5,5 \text{ МПа,}$$

$$Q = \frac{3,14 \cdot 0,812^2}{4} \cdot 8,8 \cdot 0,18 + \frac{3,14 \cdot 0,1^2}{4} \cdot 5,5 = 1650 \text{ Н.}$$

Условие прочности выполняется, так как $P < Q$.

Выводы по разделу.

В рамках конструкторского раздела проведен анализ существующих решений креплений баллонов на автомобили. На основе проведенного обзора разработана собственная конструкция, учитывающая требования надежности, удобства эксплуатации и безопасности.

Для обеспечения прочности и долговечности конструкции выполнен прочностной расчет наиболее нагруженных элементов, что подтвердило их соответствие эксплуатационным нагрузкам.

Разработанное решение обладает следующими преимуществами:

- повышенная надежность за счет оптимизированной конструкции,
- учет недостатков существующих аналогов,
- обоснование прочности критичных узлов с помощью инженерных расчетов.

Таким образом, предложенная конструкция крепления баллонов удовлетворяет поставленным техническим требованиям и готова к дальнейшему внедрению.

3 Технологическая часть

Заправка КПП осуществляется на специализированных автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях (АГНКС).

Основные элементы заправочной инфраструктуры включают (рисунок 2):

- компрессорная установка – обеспечивает сжатие газа до рабочего давления (200–250 бар);
- накопительные резервуары – буферные емкости, поддерживающие стабильное давление в системе;
- заправочная колонка (диспенсер) – оборудована системой управления, счетчиком расхода газа и предохранительными клапанами;
- система охлаждения – предотвращает перегрев газа при быстрой заправке;
- система контроля утечек – включает датчики метана и аварийные отсечные клапаны [31].

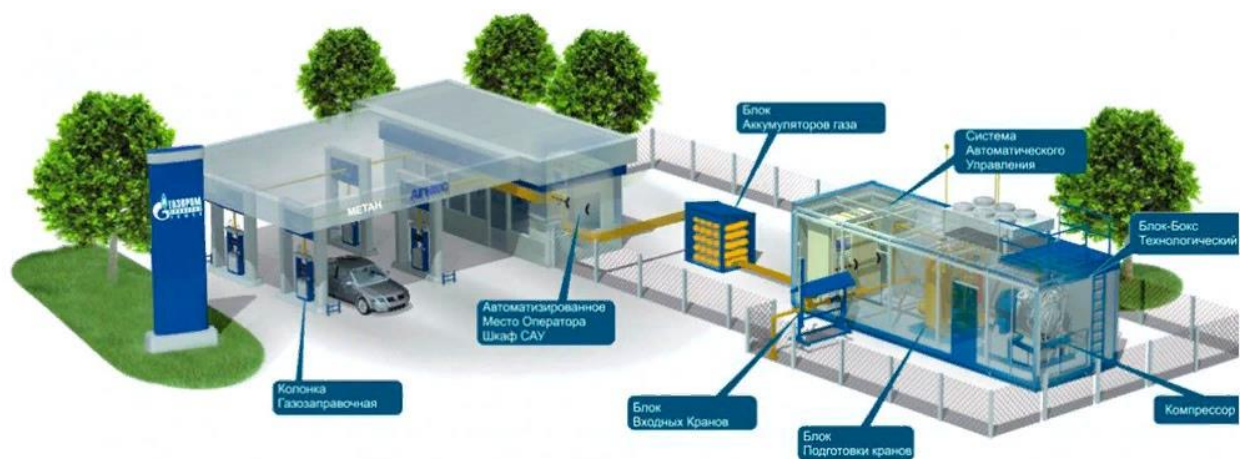


Рисунок 2 – Основные элементы заправочной инфраструктуры АГНКС

Рассмотрим процесс заправки автомобиля КПП.

Подготовка к заправке:

- проверка состояния газовой системы автомобиля: визуальный осмотр баллонов, трубопроводов и запорной арматуры на отсутствие повреждений, контроль остаточного давления в баллонах (не ниже 5–10 бар для предотвращения попадания воздуха);
- остановка двигателя и выключение зажигания;
- фиксация автомобиля на заправочной площадке (ручной тормоз, противооткатные упоры).

Подключение заправочного пистолета: заправочный пистолет стандарта NGV1 или NGV2 соединяется с приемным клапаном автомобиля. Проверяется герметичность соединения (автоматическая или ручная продувка). Запускается процесс заправки после подтверждения готовности системы.

Непосредственная заправка:

- медленное начальное заполнение (для выравнивания давления);
- основная фаза заправки – подача газа под высоким давлением (до 200–250 бар);
- окончание заправки – автоматическое отключение при достижении максимально допустимого давления (срабатывание предохранительного клапана).

Завершение процесса:

- отсоединение заправочного пистолета,
- проверка герметичности соединений (визуально или с помощью детектора утечек),
- фиксация данных о заправке (объем, давление, стоимость) [14].

Рассмотрим особенности и меры безопасности.

Требования к автомобилю:

- наличие сертифицированных баллонов, рассчитанных на рабочее давление 200–250 бар;
- исправность предохранительных клапанов и манометров;

- регулярное техническое обслуживание ГБО (раз в 2 года или 15 000 км).

Техника безопасности при заправке:

- запрещается заправка с работающим двигателем;
- не допускается использование неисправных заправочных устройств;
- при обнаружении утечки газа – немедленное прекращение заправки и проветривание зоны;
- обязательное заземление автомобиля для предотвращения статического разряда [4].

Выводы по разделу.

Технология заправки автомобилей КППГ требует строгого соблюдения регламентов и мер безопасности. Несмотря на некоторые ограничения, использование компримированного природного газа остается перспективным направлением в сфере экологичного транспорта. Дальнейшее развитие заправочной инфраструктуры и совершенствование газовых систем позволит расширить применение КППГ в автомобильной отрасли.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Автомобилестроение – сложная отрасль с многоэтапным производственным циклом, требующая комплексного подхода к вопросам безопасности.

Согласно данным Международной организации труда (ILO):

- ежегодно происходит 2,78 миллионов смертей из-за профессиональных заболеваний;
- 374 миллиона несчастных случаев на производстве с потерей трудоспособности;
- экономические потери достигают 3,94% мирового ВВП.

Структура отраслевых рисков:

- травмы при работе с прессами (42% случаев),
- отравления парами красок (23%),
- поражения током (15%),
- падения с высоты (12%) [10].

В таблице 1 представлен сравнительный анализ по странам (в % от ВВП).

Таблица 1 – Сравнительный анализ затрат на несчастные случаи (% ВВП) по странам [10].

Страна	Затраты (% ВВП)	Особенности регулирования
Германия	2,8-3,2%	Система обязательного страхования Berufsgenossenschaften
США	3,1-3,5%	Workers' compensation + судебные иски
Япония	2,6-2,9%	Пожизненные компенсации при профзаболеваниях
Россия	3,5-4,1%	Высокий уровень скрытого травматизма
Бразилия	4,2-4,8%	Неформальный сектор до 35% занятости

Типичные затраты на 1 тяжелый несчастный случай составляют:

- Европа: 250000-400000 евро;
- США: 500000-1200000 долларов (с учетом судебных исков);
- Китай: 800000-1500000 йен.

В работе необходимо учитывать специфические риски и современные тенденции отрасли.

Рассмотрим особенности производственной и экологической безопасности в автомобилестроении.

Технологические риски:

- работа с прессовым оборудованием (риск травматизма),
- сварочные операции (опасность возгораний, поражения током),
- окрасочные работы (взрывоопасность, токсичные испарения),
- конвейерные линии (движущиеся механизмы).

К мерам обеспечения безопасности относится:

- автоматизация опасных процессов (роботизированная сварка и покраска; автоматические прессы с оптической защитой; конвейеры с датчиками присутствия персонала);
- системы контроля (мониторинг концентрации ЛВЖ в окрасочных цехах; термоконтроль электрооборудования; видеонаблюдение за опасными зонами);
- защита персонала (специальные СИЗ для разных участков (термостойкая одежда для сварщиков, респираторы для маляров); антистатические комплекты для работы с электроникой; системы принудительной вентиляции [19].

Основные источники воздействия на экологическую безопасность:

- выбросы лакокрасочных материалов,
- сточные воды гальванических производств,
- отходы полимерных материалов,
- шумовое воздействие испытательных стендов.

Таким образом, современное автомобилестроение требует интегрированного подхода к безопасности, сочетающего технические инновации, экологическую ответственность и экономическую эффективность.

В долгосрочной перспективе каждый рубль, вложенный в профилактику профессиональных рисков, приносит предприятию ориентировочно 3-5 рублей совокупной выгоды за счет синергетического эффекта от улучшения всех ключевых показателей деятельности.

4.1 Структурно-функциональный анализ

Для детального исследования сборочного цикла, либо технологического процесса обслуживания, включая его конструктивные параметры и организационно-технические условия, необходимо разработать технологический паспорт (таблица 2).

Таблица 2 – Технологический паспорт технологического процесса переоборудования автомобиля ГАЗон Next для использования CNG в качестве альтернативного топлива

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Переоборудование автомобиля ГАЗон Next для использования CNG в качестве альтернативного топлива	1 Подготовительный этап. 2 Демонтаж лишних элементов. 3 Установка газовой системы. 4 Настройка и проверка. 5 Оформление документов	Слесарь по ремонту автомобилей 5разряда	Набор гаечных ключей (рожковых, торцевых, накидных), гидравлический домкрат и подставки, ударный гайковёрт, кусачки, пассатижи, съёмники хомутов, ножницы по металлу (при необходимости доработки кузова, сварочный аппарат, дрель и свёрла по металлу, трубогиб и кромкогиб (для прокладки газовых магистралей,	Защитные хлопчатобумажные перчатки, спецодежда, протирочная ветошь

Продолжение таблицы 2

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
			динамометрический ключ, течеискатель (детектор утечек метана), манометр высокого давления (до 300 бар), мультиметр, сканер OBD-II (адаптация ЭБУ под газовую систему), компрессор для опрессовки системы, калибровочный стенд для газовых форсунок	

Данный документ является обязательным требованием для:

- технически сложных изделий,
- продукции, подлежащей обязательной сертификации,
- оборудования с повышенными требованиями безопасности [3].

Функциональное назначение технологического паспорта:

- систематизация производственных данных – фиксация ключевых параметров сборки;
- обеспечение контроля качества – регламентация технологических норм и допусков;
- оптимизация технического обслуживания – упрощение диагностики и ремонта;
- повышение безопасности эксплуатации – четкие инструкции по монтажу и обслуживанию

Преимущества оформления паспорта:

- упрощение процедур сертификации и аудита,
- снижение рисков производственного брака,
- повышение прозрачности технологических процессов,
- обеспечение соответствия международным стандартам (ISO, ГОСТ, ТР ТС) [6].

Таким образом, технологический паспорт служит не только формальным требованием, но и практическим инструментом управления качеством на всех этапах жизненного цикла изделия.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Комплексная оценка производственных угроз является ключевым элементом системы охраны труда, направленной на сохранение здоровья персонала и устойчивую работу предприятия.

Реализация данного процесса требует последовательного выполнения четырех взаимосвязанных этапов:

- выявление потенциальных угроз: комплексное обследование рабочих мест на предмет наличия физических факторов (шум, вибрация, излучение), химических агентов (токсичные вещества, аэрозоли), биологических опасностей (микроорганизмы, аллергены), психофизиологических нагрузок (стресс, монотонность операций), эргономических проблем (неудобные позы, чрезмерные нагрузки);
- количественная и качественная оценка угроз: расчет вероятности возникновения опасных ситуаций; прогнозирование возможного ущерба здоровью сотрудников; ранжирование рисков по степени значимости;
- разработка защитных мер: внедрение многоуровневой системы защиты, включающей технические усовершенствования

(модернизация оборудования); организационные изменения (оптимизация рабочих процессов); средства индивидуальной защиты; целевые программы обучения персонала; периодические контрольные проверки;

- динамический контроль и совершенствование: регулярный аудит условий труда; анализ эффективности принятых мер; своевременная корректировка защитных мероприятий [30].

Практическая значимость систематической оценки производственных рисков заключается в:

- создании безопасной рабочей среды,
- предупреждении профессиональных заболеваний,
- снижении экономических потерь от несчастных случаев,
- повышении производственной дисциплины,
- обеспечении соответствия требованиям регуляторных органов.

Реализация данного подхода позволяет трансформировать систему охраны труда из формального требования в действенный инструмент повышения эффективности производства.

В представленной таблице 3 систематизированы данные по выявленным профессиональным рискам, характерным для процесса переоборудования автомобиля ГАЗон Next для использования CNG в качестве альтернативного топлива

Таблица 3 – Результаты идентификации профессиональных рисков

Операция	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
«1 Подготовительный этап. 2 Демонтаж лишних элементов. 3 Установка газовой системы. 4 Настройка и проверка.	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей	Элементы конструкции деталей автомобиля, устройства

Продолжение таблицы 3

Операция	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
5 Оформление документов	автомобиля, устройства	
	Запыленность и загазованность воздуха	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног, шум базовой машины
	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Элементы конструкции базовой машины, навесного оборудования» [12].
	«Возможность поражения электрическим током	Инструмент в зоне проведения технического обслуживания
	Отсутствие или недостаток естественного света	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс» [12].
	«Динамические нагрузки. Статические, связанные с рабочей позой Напряжение зрительных анализаторов Монотонность труда, вызывающая монотонию	Однообразно повторяющиеся технологические операции. Операции, требующие повышенного внимания и точности» [12]

Оценка рисков проведена по методике ГОСТ 12.0.230-2007.

Таблица позволяет наглядно сопоставить технологические операции с соответствующими рисками и разработать комплекс профилактических мероприятий для минимизации профессиональных заболеваний и травматизма.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Для эффективного снижения профессиональных рисков применяется комплекс технических, организационных и индивидуальных мер.

Технические решения:

- автоматизация опасных процессов (роботизированные линии),
- установка защитных ограждений и блокировок,
- внедрение систем принудительной вентиляции,
- использование инструментов с антивибрационными свойствами.

Организационные мероприятия:

- оптимизация режимов труда и отдыха,
- введение ротации персонала на вредных участках,
- разработка четких регламентов безопасной работы,
- организация производственного контроля.

Средства индивидуальной защиты:

- специализированные костюмы (термостойкие, химически стойкие),
- антистатические комплекты,
- респираторы с многоуровневой фильтрацией,
- защитные каски с системой вентиляции [29].

Инженерные разработки:

- системы дистанционного управления,
- датчики контроля опасных факторов,
- аварийные остановки оборудования,
- звуковая и световая сигнализация.

Профилактические программы:

- медицинские осмотры,
- специальная оценка условий труда,
- тренинги по безопасности,
- психологическая поддержка.

Особое внимание уделяется:

- внедрению цифровых систем мониторинга,
- использованию эргономичного инструмента,
- применению экологичных материалов,
- совершенствованию технологических процессов.

Реализация данных мер позволяет:

- снизить уровень травматизма на 40-60%,
- уменьшить профзаболеваемость,
- повысить производительность труда,
- обеспечить соответствие международным стандартам.

«Эффективность применяемых методов регулярно оценивается через:

- анализ показателей травматизма,
- медицинскую статистику,
- результаты специальной оценки условий труда,
- опросы сотрудников.

Для эффективного решения обозначенных проблем необходимо:

- применять нормативно-обоснованные меры,
- реализовывать адресные мероприятия,
- обеспечивать системный контроль» [5].

Нормативно-обоснованные меры по снижению профессиональных рисков представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда; – содержание технических устройств в надлежащем состоянии	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [12].

Продолжение таблицы 4

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля	Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания. Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией. Санитарно-гигиенические мероприятия: – обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами; – предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования; – знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015; – обеспечение дистанционного управления оборудованием	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [12].
«Повышенный уровень шума	Мониторинг здоровья работников: – систематическое проведение аудиометрии для сотрудников шумных цехов; – создание индивидуальных аудиограмм для отслеживания динамики слуха; – включение исследований в программу периодических медосмотров. Инструктаж по: – правилам эксплуатации СИЗ органов слуха; – технике подбора и применения противошумных устройств; – методам проверки плотности прилегания защитных средств. Техническая модернизация: – плановый контроль уровня шума оборудования; – внедрение шумопонижающих технологий (вибрационные демпферы, звукоизолирующие кожухи, акустические экраны);	Защитные противошумные наушники, беруши противошумные» [20].

Продолжение таблицы 4

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	– приоритетная замена устаревшего шумного оборудования. Организация рабочего процесса: – введение регламентированных «тихих пауз»; – создание зон акустической разгрузки; – оптимизация графика работы с учетом шумовой нагрузки. Тренинги по: – техникам стрессоустойчивости; – методам звуковой релаксации; – профилактике слухового утомления. Консультации корпоративного психолога Инженерные решения: – установка звукопоглощающих панелей; – применение антивибрационных креплений; – модернизация вентиляционных систем; – использование шумоподавляющих материалов	
«Возможность поражения электрическим током	Образовательные мероприятия: – проведение специализированных курсов по принципам безопасной эксплуатации электроустановок, методам идентификации опасных участков, правилам применения электрозащитных средств; – организация регулярных тематических семинаров с разбором реальных случаев Практическая подготовка – ежеквартальные тренировки по алгоритмам действий в аварийных ситуациях, технике безопасного отключения оборудования, особенностям	Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [12].

Продолжение таблицы 4

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	работы под напряжением; – внедрение системы ежегодной аттестации электротехнического персонала. Техническая защита: – оснащение рабочих мест современными устройствами защитного отключения, диэлектрическими коврами и инструментами, сигнализаторами напряжения, заземляющими устройствами нового поколения. Профилактический контроль: – внедрение системы планово-предупредительных ремонтов: – ежемесячный осмотр силовых линий, – термографический контроль соединений, – диагностика изоляции электрооборудования, – ведение электронного журнала технического состояния. Административный надзор: – реализация трехступенчатой системы контроля, – ежедневный осмотр ответственным лицом, – еженедельная проверка начальником участка, – месячная комиссионная инспекция, – автоматизированная система учета нарушений Медицинское сопровождение: – углубленные медосмотры для электротехперсонала: проверка нервной системы, контроль сердечно-сосудистых показателей, тесты на скорость реакции	

Продолжение таблицы 4

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
«Отсутствие или недостаток естественного света	Оптимальное расположение рабочих мест с акцентом на естественный свет (размещение столов и зон активности рядом с окнами или в хорошо освещённых участках). Использование прозрачных конструкций для свободного проникновения дневного света (стеклянные перегородки, светопропускающие стены или другие решения, обеспечивающие равномерное освещение без искусственных источников)» [2].	—
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	Оздоровительно-профилактические мероприятия: — медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) и других медицинских осмотров согласно ст. 212 ТК РФ; — правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащённости средствами комплексной и малой механизации; — используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [27].	—
«Монотонность труда	— чередование задач и ротация видов деятельности, периодическая смена рабочих операций для предотвращения однообразия и поддержания вовлеченности; — внедрение элементов автономности и разнообразия, предоставление сотрудникам возможности влиять на порядок выполнения задач и варьировать методы работы;	—

Продолжение таблицы 4

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	– регламентированные перерывы, введение коротких перерывов для отдыха и смены активности в течение рабочего дня; – использование технологических решений, автоматизация рутинных процессов и применение интерактивных систем для повышения вариативности труда; – психологическая разгрузка и мотивация, организация зон отдыха, проведение мини-тренингов или использование геймификации для поддержания интереса; – оптимизация эргономики рабочего места, создание комфортных условий, снижающих физическое и эмоциональное напряжение (например, регулируемая мебель, динамическое освещение). Мероприятия подбираются с учетом специфики труда и рекомендаций по охране здоровья (СНиП, СанПиН, ТК РФ).	

Данный подход гарантирует не только формальное соблюдение требований охраны труда, но и создание по-настоящему безопасной производственной среды. Все мероприятия должны быть задокументированы и включены в систему управления охраной труда предприятия.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

План пожарной безопасности – это документ, регламентирующий порядок действий при пожаре, эвакуации людей и материальных ценностей, а также меры по предотвращению возгораний [25].

Этот план должен быть доступен всем сотрудникам и регулярно пересматриваться.

План пожарной безопасности содержит:

- ответственных за пожарную безопасность;
- профилактику (проверки оборудования, хранение горючих материалов);
- порядок действий при пожаре: оповещение (сигнализация, вызов МЧС); эвакуация (схемы путей, сборные пункты); тушение (огнетушители, пожарные краны);
- проверки и обновления (регулярные тренировки, корректировка плана).

Производим анализ потенциальных источников пожаров и определяем опасные факторы, способные их вызвать (таблица 5).

Таблица 5 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
«Тюнинг га	Технологическое оборудование, применяемое на участке тюнинга	В	Пламя и искры, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения	Образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, оборудования, технологических установок» [17].

Классификация пожарной техники (по ГОСТ Р 53325-2012 и нормам МЧС) включает следующие основные категории:

- первичные средства пожаротушения: огнетушители (пенные, порошковые, углекислотные, хладоновые); пожарные щиты и инвентарь (вёдра, лопаты, ящики с песком, кошмы (противопожарные полотна), багры, топоры, ломы);

- «пожарные автомобили: основные (АЦ – автоцистерны, АНР – насосно-рукавные); специальные (автолестницы, дымоудаление, аварийно-спасательные);
- пожарные поезда, суда, вертолёты (для спецобъектов);
- мотопомпы (переносные насосы для воды);
- установки пожаротушения: автоматические системы (водяные (спринклерные, дренчерные), газовые, порошковые, аэрозольные);
- пожарные краны и рукава (в зданиях)» [12];
- пожарная сигнализация и связь (извещатели (дымовые, тепловые, ручные);
- приёмно-контрольные приборы (ПКП);
- системы оповещения (громкоговорители, световые табло);
- средства индивидуальной защиты (СИЗ) для пожарных: костюмы, каски, дыхательные аппараты (ДАСВ), теплоотражающие экраны; для эвакуируемых: противогазы, самоспасатели (например, «Феникс»);
- специальная техника: роботы-пожарные (для АЭС, химических объектов); термокамеры и тепловизоры для поиска очагов.

«Выполним классификацию средств пожаротушения, применяемых для данного технического объекта:

- первичные средства пожаротушения – внутренний пожарный кран, щит пожарный с песком и инвентарем (лом, багор пожарный, топор, комплект для резки электропроводов, лопата совковая, полотно асбестовое), универсальный огнетушитель порошковый ОП-10 – 1 шт., воздушно-пенный огнетушитель ОВП-12 – 1 шт.;
- мобильные средства пожаротушения предназначены для тушения пожаров с возможностью перемещения (мотопомпа для тушения возгораний);

- стационарные средства пожаротушения состоят из трубопроводов, в случае с наполнением из воды, пара или пены. Система трубопроводов соединяет автоматические устройства и оборудование. Приборы реагируют на повышенную температуру, сигнал передается на датчики. Затем происходит включение насосов, подающих воду» [16].

«Разработка планов действий по пожарной безопасности – обязательная процедура для организаций, зданий и сооружений, регламентированная ФЗ №69 О пожарной безопасности и Правилами противопожарного режима в РФ» [8].

Цели разработки планов:

- предотвращение пожаров (профилактика нарушений);
- обеспечение безопасности людей (эвакуация, первая помощь);
- минимизация ущерба (быстрое тушение, защита имущества);
- соответствие закону (избежание штрафов и приостановки деятельности).

Рассмотрим основные виды планов по пожарной безопасности.

План эвакуации при пожаре состоит из графической части (схема путей эвакуации, выходы, места огнетушителей) и текстовой инструкции (действия персонала, вызов МЧС, порядок отключения оборудования).

Разработка и размещение плана обязательна для всех общественных зданий, офисов, школ, больниц и так далее.

Инструкция о мерах пожарной безопасности включает в себя Правила содержания территории, электрооборудования, хранения ЛВЖ (легковоспламеняющихся жидкостей), порядок проведения огневых работ, ответственных лиц и их обязанности.

План противопожарных мероприятий содержит:

- регулярные проверки (электропроводки, систем сигнализации);
- обучение персонала (инструктажи, тренировки);
- техническое обслуживание средств пожаротушения [23].

План ликвидации аварийных ситуаций оформляется для опасных объектов (АЗС, склады ГСМ, химические производства). Включает взаимодействие с МЧС, локализацию возгораний, защиту окружающей среды.

Разработка планов состоит из 5 этапов:

- анализ объекта (категория пожарной опасности, особенности здания);
- определение рисков (где возможны возгорания, слабые места);
- разработка документов (схемы, инструкции, приказы);
- согласование (при необходимости – с МЧС или экспертами);
- обучение персонала и проведение тренировок.

Разрабатываем планы соблюдения требований пожарной безопасности при переоборудовании автомобиля ГАЗон Next для использования CNG в качестве альтернативного топлива (таблица 6).

Таблица 6 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при переоборудовании автомобиля ГАЗон Next для использования CNG в качестве альтернативного топлива

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
«Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности	Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия» [15]
«Обучение правилам и мерам пожарной безопасности в соответствии с Приказом МЧС России 645 от 12.12.2007	Проведение обучения, а также различных видов инструктажей по тематике пожарной безопасности под роспись» [22]
«Проведение технического обслуживания, планово-предупредительных ремонтов, модернизации и реконструкции оборудования	Выполнение профилактики оборудования в соответствии с утвержденным графиком работ. Назначение приказом руководителя лица, ответственного за выполнение данных работ» [24]
«Наличие знаков пожарной безопасности и знаков безопасности по охране труда по ГОСТ	Знаки пожарной безопасности и знаки безопасности по охране труда, установленные в соответствии с нормативно-правовыми актами РФ» [15].
«Рациональное расположение производственного оборудования без создания препятствий для эвакуации и использованию средств пожаротушения	Эвакуационные пути в пределах помещения должны обеспечивать безопасную, своевременную и беспрепятственную эвакуацию людей

Продолжение таблицы 6

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
Обеспечение исправности, проведение своевременного обслуживания и ремонта источников наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения	Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия» [26]
«Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2 ГОСТ Р 12.2.143-2009, ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ	Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных для обозрения местах
Размещение информационного стенда по пожарной безопасности	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [15]

Рассмотрим обязанности работодателя по пожарной безопасности.

Контроль горючих отходов: не допускать скопления легковоспламеняющихся материалов, включить регулярную уборку в систему противопожарных мер.

Обучение персонала: четко разъяснять сотрудникам риски, связанные с используемыми материалами и технологическими процессами; вводный инструктаж для новых работников; ознакомить каждого нового сотрудника с разделами плана пожарной безопасности, которые касаются его личной защиты в ЧС [14].

Техническое обслуживание оборудования: проводить плановые проверки и ремонт теплогенерирующих установок, чтобы исключить риск возгорания.

4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса переоборудования автомобиля ГАЗон Next для использования CNG в качестве альтернативного топлива

Экологическая безопасность – это комплекс мер, направленных на сохранение природных систем и предотвращение их разрушения в результате человеческой деятельности [6].

Ключевые аспекты:

- защита экосистем от загрязнения, истощения и необратимых изменений;
- рациональное использование ресурсов (воды, почвы, воздуха, биоразнообразия);
- минимизация антропогенного воздействия на окружающую среду.

Основные направления:

- контроль загрязнений (промышленные выбросы, отходы, химические вещества);
- сохранение биоразнообразия (защита редких видов, восстановление лесов);
- устойчивое развитие (баланс между экономикой и экологией).

Экологическая безопасность – не просто синоним охраны природы, а системный подход к гармоничному взаимодействию человека и окружающей среды.

Выполняем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при технологическом процессе переоборудования автомобиля ГАЗон Next для использования CNG в качестве альтернативного топлива и сведем их в таблицу 7.

Таблица 7 – Идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов

Технологический процесс	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Переоборудование автомобиля ГАЗон Next для использования CNG в качестве альтернативного топлива	Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей.	Масло трансмиссионное	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [11].

Последствия игнорирования негативных факторов [10]:

- ухудшение здоровья населения (респираторные, онкологические заболевания).
- деградация экосистем (исчезновение видов, опустынивание).
- экономические потери (ущерб сельскому хозяйству, туризму).
- климатические катастрофы (учащение экстремальных погодных явлений).

Составляем сводную таблицу 8 с мероприятиями по минимизации вреда от пыли и СОЖ.

Таблица 8 – Сводная таблица с мероприятиями по минимизации вреда от пыли и СОЖ

Вредный фактор	Способ устранения	Примечание
Мелкодисперсная пыль	Фильтрация: – циклоны – грубая очистка крупных частиц (эффективность ~70–80%); – рукавные фильтры – задерживают частицы до 1 мкм (эффективность 95–99%); – электрофильтры – для субмикронной пыли (используют коронный разряд); – мокрые скрубберы – улавливание пыли водой (актуально для литейных цехов).	–
Испарения СОЖ и масляных аэрозолей	Маслоуловители (коалесцентные фильтры) – отделяют масло от воздуха. Угольные адсорбенты – для летучих органических соединений (ЛОС). Плазменно-каталитические очистители – разложение паров СОЖ на CO₂ и H₂O	ПДК для металлической пыли – 0,5–10 мг/м³ (зависит от металла). ПДК для масляных аэрозолей – 5 мг/м³ (СанПиН 1.2.3685-21).
Отходы различного типа: – металлическая стружка и лом; – промасленная ветошь, спецодежда; – твердые коммунальные отходы (ТКО)	Переплавка на металлургических заводах. Обезжиривание и сжигание в печах. Сортировка и захоронение/переработка. Регенерация или сжигание в цементных печах	–

Продолжение таблицы 8

Вредный фактор	Способ устранения	Примечание
Опасные отходы	Масла (код 4 13 101–4 13 110). Промасленные материалы (код 4 13 201–4 13 204) – класс опасности 3–4	–

Идентификация вредных экологических факторов – первый шаг к разработке стратегий устойчивого развития и снижению антропогенной нагрузки на природу.

Выводы по разделу.

В рамках обеспечения производственной и экологической безопасности проекта выполнены следующие работы:

- составлен технологический паспорт процесса переоборудования автомобиля ГАЗон Next для использования CNG в качестве альтернативного топлива;
- проведена оценка профессиональных рисков с разработкой эффективных методов их минимизации;
- определен класс пожарной опасности производства, выявлены ключевые факторы возгорания и предложены превентивные меры;
- проанализировано воздействие на окружающую среду при сборке оборудования, разработан комплекс природоохранных мероприятий.

Заключение

Применение компримированного природного газа (КПГ) в двигателе ЯМЗ-5344-20 автомобиля ГАЗон Next демонстрирует комплекс значимых преимуществ, выходящих за рамки простой экономии на топливе.

Ключевые достоинства такого решения включают:

- увеличенный ресурс цилиндропоршневой группы благодаря более мягкому воздействию газового топлива;
- сниженные нагрузки на кривошипно-шатунный механизм за счет плавного характера сгорания;
- минимизация образования отложений и нагара в двигателе;
- существенное снижение вредных выбросов;
- соответствие современным экологическим стандартам.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы проанализированы перспективы газомоторного топлива для дизельных силовых агрегатов.

Проведены прочностные расчеты крепежных элементов баллонов

Рассмотрены нормативы безопасного обслуживания ГБО.

Полученные результаты убедительно свидетельствуют о перспективности применения КПГ в качестве альтернативного топлива для коммерческого транспорта, сочетая экономическую выгоду с экологическими преимуществами.

Обеспечено всестороннее рассмотрение вопросов производственной безопасности и экологической устойчивости процесса автомобиля ГАЗон Next для использования CNG в качестве альтернативного топлива, потенциальные опасности и предложены меры минимизации рисков.

Результаты работы могут быть полезны для автотранспортных предприятий, занимающихся модернизацией техники, а также для производителей газобаллонного оборудования.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Аригин И. Н. и др. Техническое диагностирование автомобилей / И. Н. Аригин. – Ф.: «Кыргызстан», 1978. 164 с.
2. Белоусов Б. Н. Колесные транспортные средства особо большой грузоподъемности / Б.Н. Белоусов, С.Д. Попов. Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006 (М.: Типография «Наука»). 727 с.
3. Вахламов В. К. Техника автомобильного транспорта: Подвиж. состав и эксплуатац. свойства: Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Организация перевозок и упр. на трансп. (автомобил. трансп.)» направления подгот. дипломир. специалистов «Организация перевозок и упр. на трансп.» / В.К. Вахламов. Москва: Academia, 2004 (ГУП Саратов. полигр. комб.). 521 с.
4. Борц А. Д. Диагностика технического состояния автомобиля / А. Д. Норц, Я. К. Закин, Ю. В. Иванов. М.: Транспорт, 1979. 160 с.
5. Верзаков Г. Ф. Введение в техническую диагностику / Г. Ф. Верзаков, Н. В. Кипшт, В. И. Рабинович. М.: Энергия. 1968. 219 с.
6. Галкин В. И. Транспортные машины: учебник для вузов. Москва: Издательство «Горная книга»: Издательство МГГУ, 2010. 587 с.
7. Говорущенко Н. Я. Диагностика технического состояния автомобилей / Н. Я. Говорущенко. М.: Транспорт, 1975. 305 с.
8. Говорущенко Н. Я. Диагностика технического состояния автомобилей / Н. Я. Говорущенко. М.: Транспорт, 1970. 254 с.
9. Горина Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Учеб.-метод. пособие / Л. Н. Горина, М. И. Фесина; ТГУ; Ин-т машиностроения; каф. «Управление промышленной и экологической безопасностью». Тольятти: ТГУ, 2018. 41 с.
10. ГОСТ 27577-2000. Газ природный топливный компримированный для двигателей внутреннего сгорания. Технические условия. М: ИПК Издательство стандартов, 2000. 15 с.

11. ГОСТ 305-2013. Топливо дизельное. Технические условия. М: ИПК Издательство стандартов, 2013. 14 с.
12. Грачев Ю. П. Математические методы планирования эксперимента / Ю. Л. Грачев. М., 1979. 195 с.
13. Гришкевич А. И. Автомобили. Теория. Учебник для вузов / А. И. Гришкевич. Мн.: Высш. шк., 1986. 208 с.
14. Гурин В.В., Замятин В.М., Попов А.М. Детали машин. Курсовое проектирование. Ч 1. Учебник. М.: Юрайт, 2016. 368 с.
15. Дуарь В.С. Альтернативные виды топлива // Молодой ученый. – 2018. – №2(188). – С. 168-171. URL:<https://moluch.ru/archive/188/47739/> (дата обращения: 17.03.2025 г.)
16. Емельянов В.Е., Крылов И.Ф. Альтернативные экологически чистые виды топлив для автомобилей. М.: АСТ Астрель, 2015. 128 с.
17. Куклин Н.Г., Куклина Г.С., Житков В.К. Детали машин: учебник для студентов ВУЗов. – 9-е изд. перераб. и доп. М.: Курс, 2015. 512 с.
18. Марченко А.П., Елистратова С.В. К вопросу развития применения газомоторного топлива. Educatio. №4 (11)-4, 2015. С. 31-33.
19. Мухина М.В. Устройство автомобиля. Ч. 2. Системы питания двигателей: Учебно-методическое пособие / М.В. Мухина, В.В. Глебов, И.А. Григорьева. Н.Новгород: НГПУ, 2016. 43 с.
20. Николайчук Л.А., Дьяконова В.Д. Современное состояние и перспективы развития рынка газомоторного топлива в России // Интернет-журнал «Науковедение», том 8, №2. 2016. 38 с.
21. Панов Ю.В. Установка и эксплуатация газобаллонного оборудования автомобилей. М.: Академия, 2015. 160 с.
22. Певнев Н.Г. Техническая эксплуатация газобаллонных автомобилей / Н.Г. Певнев, А.П. Елгин, Л.Н. Бухаров. Омск: Изд-во Сибирской гос. автомобильно-дорожной академии, 2016. 183 с.
23. Пронин Е.Н., Поденок С.Е. Проект «Голубой коридор»: эколого-экономическая модель использования природного газа в качестве моторного

топлива в международном автомобильном сообщении. М.: ИРЦ «Газпром», 2016. 46 с.

24. Сметанин, В. И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления: Учеб. пособие / В. И. Сметанин. Москва: КолосС, 2003. 230 с.

25. Сухочев Г. А. Разработка технологического процесса изготовления детали: Учеб. пособие / Г.А. Сухочев, К.А. Яковлев; М-во образования Рос. Федерации, Воронеж. гос. лесотехн. акад. Воронеж: ВГЛТА, 2002. 67 с.

26. Транспортное обеспечение производства: учебное пособие / О. А. Лукашук, В. С. Великанов, А. А. Маркина, К. Ю. Летнев; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. Екатеринбург: УрФУ, 2024. 133 с.

27. Чумаков, Л. Л. Раздел выпускной квалификационной работы «Экономическая эффективность проекта». Уч.-методическое пособие / Л. Л. Чумаков. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. 37 с.

28. Экология транспорта: учебник. / Е.И.Павлова. М.: Высш. шк., 2010. 366 с.

29. Arnold, M. Simulation Algorithms in Vehicle System Dynamics / M. Arnold // Technical Report 27. - Martin-Luther-University Halle, Department of Mathematics and Computer Science, 2004. - 27 p.

30. Lowndes, E.M. Development of an Intermediate DOF Vehicle Dynamics Model for Optimal Design Studies / E.M. Lowndes, - Raleigh, 1998. -209 p.

31. Pettersson, M. Driveline Modeling and Control / M. Pettersson. - Linkoping, 1997. 150 p.

32. Puhs, Allen E., Hybrid vehicles CRC Press, London NewYork 2009. - 505 p.

33. Wagner G. Transmission options / Gerhard Wagner// Automotive Engineering International. 2001. - Vol. 7 (109). 64 - 70 p.

Приложение А
Спецификации

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №					<u>Документация</u>		
	A4			25.БР.01.012.61.00.000.ПЗ	Пояснительная записка	1	
	A1			25.БР.01.012.61.00.000.ВО	Чертеж общего вида	1	
					<u>Заемствованные изделия</u>		
			1		Автомобиль ГАЗон Next	1	
					<u>Покупные изделия</u>		
			2		Баллон БА-51-20-254/1262	4	
					ТУ 4591-001-29416612-2005		
			3		Болт М10х70 ГОСТ 7796-85	6	
			4		Гайка М10 ГОСТ 15521-87	6	
Подп. и дата			5		Шайба 10.65Г ГОСТ 6402-85	6	
			6		ЭБУ газодизельной системой	1	
			7		Отсечной клапан	1	
					<u>Вновь разработанные изделия</u>		
	A2		8	25.БР.01.012.61.08.000	Крепление баллонов	1	
			9	25.БР.01.012.61.09.000	Кронштейн крепления клапана		
Взам. инв. №							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Инв. № подл.							

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Борониев А.С.		
Пров.		Бобровский А.В.		
Н.контр.		Бобровский А.В.		
Утв.		Бобровский А.В.		

25.БР.01.012.61.00.000

Автомобиль
ГАЗон Next

Лит.	Лист	Листов
		1

ТГУ, ЭМСД-2102а

Копировал
Формат А4

Рисунок А.1 – Спецификация на автомобиль ГАЗон Next

Продолжение Приложения А

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №		A2			25.БР.01.012.61.08.000.СБ	Сборочный чертеж	1		
							<u>Документация</u>		
							<u>Детали</u>		
			1		25.БР.01.012.61.08.001	Опора нижняя	2		
			2		25.БР.01.012.61.08.002	Опора верхняя	2		
			3		25.БР.01.012.61.08.003	Втулка	4		
			4		25.БР.01.012.61.08.004	Прокладка	16		
	5		25.БР.01.012.61.08.005	Боковая стенка	2				
	6		25.БР.01.012.61.08.006	Днище	1				
Подп. и дата									
							<u>Стандартные изделия</u>		
			7		Болт М10х170 ГОСТ 7796-85	6			
			8		Болт М10х70 ГОСТ 7796-85	5			
			9		Гайка М10 ГОСТ 15521-87	12			
			10		Шайба 10.65Г ГОСТ 6402-85	12			
Взам. инв. №									
Подп. и дата									
Инв. № подл.									
					25.БР.01.012.61.08.000				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Крепление баллонов		Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Баронцев А.С.								1
Проб.	Бобровский А.В.								
Н.контр.	Бобровский А.В.								
Утв.	Бобровский А.В.								
							ТГУ, ЭМСД-2102а		

Копировал _____ Формат А4

Рисунок А.2 – Спецификация на крепление баллонов