

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 легкового автомобиля Lada XRAY для использования CNG
в качестве альтернативного топлива

Обучающийся

А.Р. Одинамамадов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент А.С. Тизилев

(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 легкового автомобиля Lada XRAY для использования CNG в качестве альтернативного топлива».

Цель работы: разработка проекта переоборудования автомобиля Lada XRAY 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 Lada XRAY, влияющих на процесс переоборудования;
- выбор оптимального оборудования для установки газовой системы (баллоны, редуктор, система впрыска и другое);

Объект работы – автомобиль Lada XRAY 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 сжатого природного газа (CNG) в качестве

моторного топлива. Рассмотрены основные характеристики CNG, включая физико-химические свойства, энергетическую эффективность и экологические преимущества. Выполнена классификация газобаллонного оборудования.

Во втором разделе разработано крепление баллона для установки ГБО на Lada XRAY, проведены прочностные расчеты, включая расчет болтового соединения на срез, подтвердивший надежность крепления баллона, определение критической скорости по опрокидыванию.

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 70 страницах, объем графической части составляет 6 листов формата A1.

Abstract

The title of the graduation work is: «The conversion of a Lada XRAY Passenger Car for CNG Use as an Alternative Fuel».

The aim of the project is to analyze the feasibility of converting a Lada XRAY to run on compressed natural gas (CNG), evaluate the technical and economic aspects of the conversion, and ensure compliance with safety and performance standards.

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.

In the first part of the graduation project, the current state of gaseous fuel applications in the automotive sector is examined, along with the classification of gas cylinder equipment (GBO). Key trends and prospects for CNG adoption are discussed.

In the second part, the engineering design of the conversion is presented, including strength calculations for bolted connections under shear stress and an assessment of the Lada XRAY's critical rollover speed to ensure stability after modifications.

The third section covers the technological aspects of the conversion process, detailing the necessary steps, equipment installation, and safety considerations for implementing CNG systems in the vehicle.

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

The project provides a comprehensive approach to retrofitting conventional gasoline-powered cars with CNG systems, contributing to sustainable transportation solutions.

Содержание

Введение.....	6
1 Состояние вопроса	8
1.1 Перспективы применения газообразного топлива на автомобильном транспорте	8
1.2 Классификация газобаллонного оборудования	12
2 Конструкторская разработка.....	27
2.1 Расчет болтового соединения на срез.....	35
2.2 Расчет критической скорости по опрокидыванию автомобиля Lada XRAY	37
3 Технологическая часть	40
4 Безопасность и экологичность технического объекта	43
4.1 Структурно-функциональный анализ	45
4.2 Идентификация профессиональных рисков	47
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	50
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	56
4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса переоборудования автомобиля Lada XRAY для использования CNG в качестве альтернативного топлива	61
Заключение	65
Список используемой литературы и используемых источников.....	66
Приложение А. Спецификация.....	69

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 сжатого природного газа (СПГ, англ. 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.

Lada XRAY – это компактный кроссовер, разработанный АвтоВАЗом совместно с Renault-Nissan Alliance и выпускавшийся с 2015 по 2022 год. Модель стала одной из первых попыток российского автопроизводителя создать современный автомобиль в популярном сегменте В-кроссоверов. В данном исследовании рассматриваются технические характеристики, рыночное позиционирование, преимущества и недостатки модели, а также её роль в стратегии АвтоВАЗа.

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 Lada XRAY 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 Lada XRAY. 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 Lada XRAY, 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 (СПГ), рассматривается как перспективная альтернатива бензину и дизелю.

«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 как для коммерческого, так и личного транспорта» [2].

1.1 Перспективы применения газообразного топлива на автомобильном транспорте

«Сжатый природный газ представляет собой полноценное топливо для автомобильных двигателей, не требующее существенной технологической обработки» [1].

«На сегодняшний день по разведанным запасам природного газа в основных странах импортерах сосредоточены достаточно большие запасы (рисунок 1). Согласно прогнозам в нашей стране запасов газа составляет 49,54 млрд. м³, в то время как в США его всего 9,58 млрд. м³. По запасам природного газа наша страна находится на первом месте. А вот по запасам нефти лидирует Венесуэла. В недрах этой страны находится 298,3 млрд. баррелей. В Российской Федерации запасов примерно в 3 раза меньше, а именно 103,2 млрд. баррелей. Таким образом, необходимо расширять использование природного газа» [9].

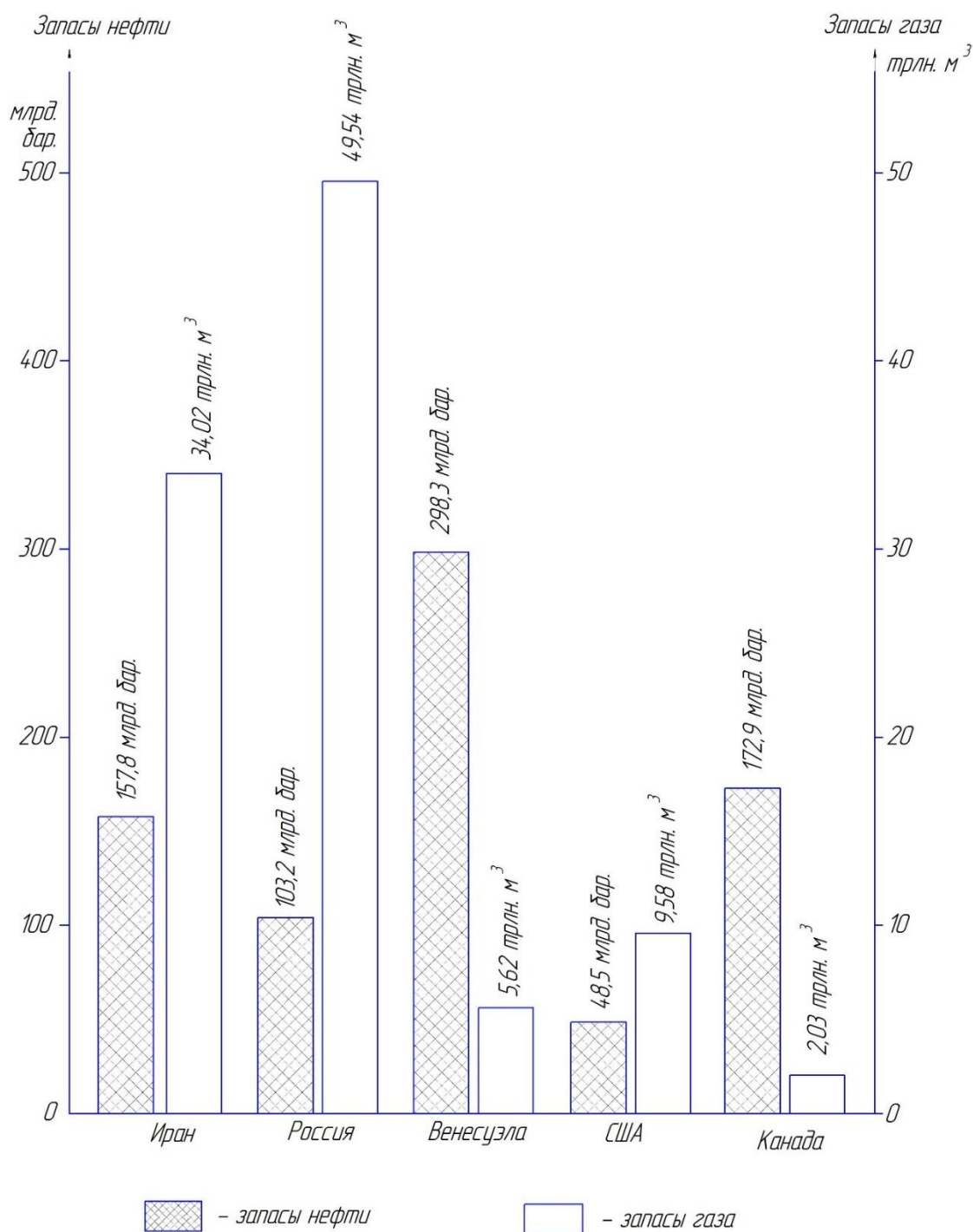


Рисунок 1 – Мировые запасы нефти и природного газа

«Состав природных газов, в основном, следующий: метан – от 95 до 99%, пропан, бутан и высшие углеводороды – от 0,1 до 0,5%. Кроме этого, газы содержат азот и углекислый газ – от 1 до 4%.

Тяжелые углеводороды, находящиеся в природных газах при сжатии в компрессорах конденсируются и выпадают в отстойниках или резервуарах, нарушая работу газового оборудования автомобилей. Для обеспечения его

нормальной работы содержание тяжелых углеводородов должно быть ограничено в пределах не более: этан – 4%; пропан – 1,5%; бутан – 1%; пентан – 0,3%.

К вредным примесям в природных газах, подлежащим ограничению, относятся горючие составляющие – сероводород и окись углерода, а также негорючие – азот, углекислый газ и инертные газы» [4].

«Подаваемые в магистральные газопроводы с различных месторождений природные газы отличаются своим компонентным составом и качественными показателями, но для заправки автомобилей применяется компримированный природный газ только двух марок А и Б» [3].

Компонентный состав компримированного природного газа, применяемого в качестве топлива для газобаллонных автомобилей представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Основные показатели КППГ для газобаллонных автомобилей [5]

Показатели	Единица измерения	Норма	
		Марка А	Марка Б
Компонентный состав, объемные доли:			
«Метан	%	95 ± 5	90 ± 5
Этан, не более	%	4	4
Пропан, не более	%	1,5	1,5
Сумма бутанов, не более	%	1,0	1,0
Сумма пентанов, не более	%	0,3	0,3
Двуокись углерода, не более	%	1,0	1,0
Кислород, не более	%	1,0	1,0
Азот	%	0...4	4...7
Масса сероводорода, не более	г/нм ³	0,02	0,02
Масса меркаптановой серы, не менее	г/нм ³	0,016	0,016
Массовая доля сероводородной и меркаптановой серы, не боле	%	0,1	0,1
Масса механических примесей, не более	г/нм ³	0,001	0,001
Масса влаги, не более	г/нм ³	0,009	0,009
Температура газа, подаваемого на заправку газобаллонных автомобилей:	°С		
– для умеренной и холодной климатических зон, не более		+40	+40
– для жаркой климатической зоны, не более		+45	+45
Давление газа в баллонах, не менее	МПа (кг/см ³)	19,6 (200)	19,6 (200)»[7]

«Из всех углеводородных газов метан содержит максимум водорода на один атом углерода и обладает высокой теплопроводностью, достаточно широкими пределами воспламеняемости, низким содержанием токсичных веществ в продуктах сгорания. В отличие от других углеводородных газов, метан легче воздуха и поэтому при возможных утечках он улетучивается, скапливаясь в закрытых помещениях в верхних частях зданий. Метан имеет высокую детонационную стойкость, что обеспечивает «мягкую» работу двигателя при использовании компримированного природного газа и позволяет форсировать двигатель до допускаемой степени сжатия. Метан не ядовит и совершенно безвреден для человеческого организма. Недостатком его, а, следовательно, и природного газа, является относительно низкая (по сравнению с бензином) теплотворность газовой смеси. Другая особенность метана – резкое снижение температуры газа при дросселировании, которое происходит в газовых редукторах. Последнее требует высокой степени осушения заправляемого в автомобили природного газа и отсутствия влаги в газовых баллонах, и редуцирующих устройствах.

Природный газ при определенных концентрациях с воздухом взрывоопасен. Пределы воспламенения в смеси с воздухом (объемные) составляют: верхний – 15 %, нижний – 4 %, что соответствует коэффициенту избытка воздуха. Температура воспламенения компримированного природного газа значительно выше температуры воспламенения бензина и составляет (при давлении, образующемся в камере сгорания двигателя) 640...650°C. Такая высокая температура воспламенения компримированного природного газа затрудняет пуск двигателя, особенно в зимних условиях при пониженных температурах окружающего воздуха (менее минус 5°C). А с точки зрения возможного воспламенения и пожароопасности, КПП значительно безопаснее бензина и других нефтяных газов» [6].

1.2 Классификация газобаллонного оборудования

«В актуальной технической литературе отсутствует единая методика классификации газобаллонного оборудования (далее – ГБО) различных поколений, практически все монтажники ГБО руководствуются условной системой классификации газового оборудования. Условное разделение ГБО на поколения создает удобство при профессиональном общении и помогает специалистам по монтажу четко определять конструктивные особенности того или иного типа газового оборудования» [3].

«Газобаллонное оборудование (далее – ГБО) – разновидность топливной системы автомобилей, основанная на применении сжатого природного газа.

ГБО по своим характеристикам подразделяются на следующие типы:

- вакуумные;
- электронные;
- эжекторные с электромеханическим дозатором;
- инжекторные» [8].

ГБО насчитывает 6 поколений.

«Принцип действия оборудования первого поколения основан на работе механического дозатора с вакуумным управлением подачи топлива.

К достоинствам можно отнести элементарную конструкцию, низкую стоимость, возможность применения на автомобилях с инжекторным двигателем, дешевое топливо.

К недостаткам можно отнести неравномерную работу двигателя и необходимость запуска двигателя в сильные морозы на бензиновом топливе» [16].

Схема ГБО первого поколения представлена на рисунке 2.

Оборудование ГБО второго поколения.

«Принцип действия оборудования второго поколения основан на работе электронного дозирующего устройства, который взаимодействует с датчиком кислорода.

Достоинства:

- простая и надежная конструкция;
- пониженный расход топлива, по отношению к 1 поколению;
- дешевое топливо.

Недостатки:

- высокий расход газа, относительно бензина;
- необходимость запуска двигателя в сильные морозы на бензиновом топливе;
- отсутствие автоматического переключения между бензином и газом» [8].

«Работа системы оборудования третьего поколения основана на принципе управления электронным блоком. Работа дозатора топлива направлена на взаимодействие с датчиком кислорода, расположенного в выпускном коллекторе» [25].

Оборудование ГБО третьего поколения представлено на рисунке 4.

Достоинства:

- «пониженный расход топлива, по отношению ко 2 поколению;
- дешевое топливо.

Недостатки:

- высокая цена на оборудование;
- необходимость запуска двигателя в сильные морозы на бензиновом топливе;
- отсутствие автоматического переключения между бензином и газом.
- высокий расход газа, относительно бензина» [8].



1 – двухступенчатый редуктор–испаритель; 2 – магистральный клапан с интегрированным фильтром жидкого газа; 3 – дозатор–распределитель; 4 – блок управления; 5 – обратные вакуумные клапана – «форсунки»; 6 – датчик абсолютного давления в коллекторе

Рисунок 4 – Принципиальная схема ГБО третьего поколения

«ГБО четвертого поколения выполняет свои задачи путем последовательного впрыска топлива с электромагнитными форсунками. Газовые форсунки расположены на коллекторе, вблизи впускного клапана, аналогично третьему поколению.

Достоинства:

- пониженный расход топлива, по отношению к третьему поколению;
- автоматическое переключение между бензином и газом;
- дешевое топливо.

Недостатки:

- высокая цена на оборудование;
- необходимость запуска двигателя в сильные морозы на бензиновом топливе;
- несовместимость с двигателями, в которых применяется непосредственный впрыск топлива в цилиндр;

– высокий расход газа, относительно бензина» [18].

Схема оборудования ГБО четвертого поколения представлена на рисунке 5.

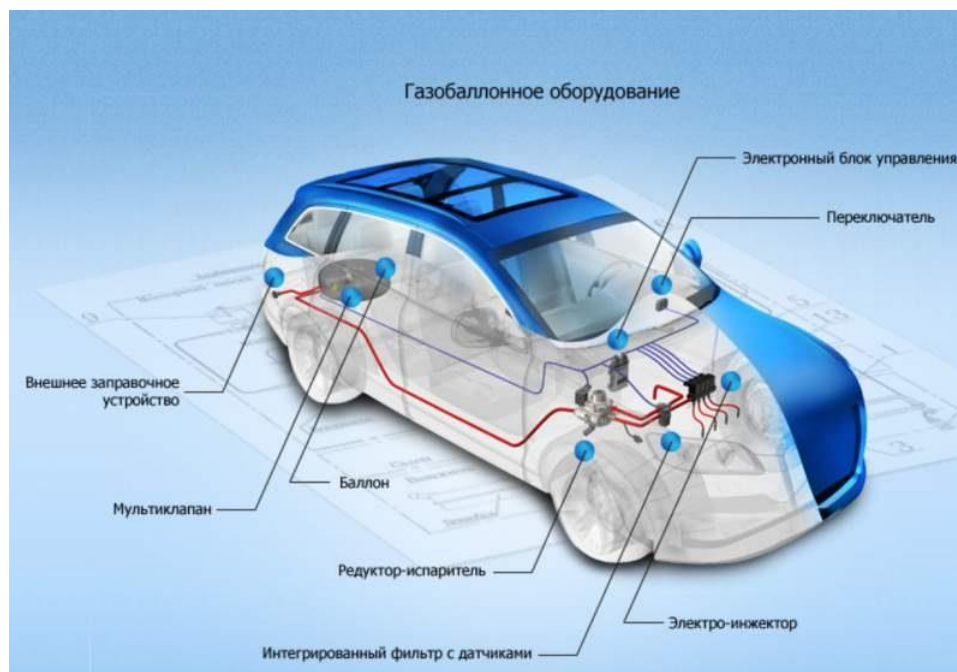


Рисунок 5 – Принципиальная схема ГБО четвертого поколения

Оборудование ГБО пятого поколения.

«Четвертое поколение газобаллонного оборудования было практически совершенным и, казалось, достигло совершенства. Но ему на смену пришло газобаллонное оборудование пятого поколения, работающее совсем на другом принципе. Автомобили постоянно модернизируются, меняются форма их кузова, системы безопасности, компьютерное управление, техническое оснащение и силовые установки.

Современные двигатели стали настолько сложными, что перестали быть совместимы с четвертым поколением газобаллонного оборудования, что и привело к появлению пятого поколения.

Производители газобаллонного оборудования столкнулись с неприятной проблемой. Двигатели новых автомобилей с их тонкими настройками и расчетами отказывались работать на топливе с другими

характеристиками и газовой установкой. Система самодиагностики уходила в ошибку, обороты плавали, автомобиль мог заглохнуть на ходу и совершенно терял свои динамические и разгонные характеристики, у автомобиля серьезно повышался аппетит. Это было связано с новыми алгоритмами работы форсунок, которые теперь работали куда более короткое время, которого было недостаточно для насыщения двигателя более бедной и долго горящей газовой смесью. Из-за этого нормальная работа этих двигателей на пропане, бутане и метане была исключена. Возникшие проблемы решились с появлением газобаллонного оборудования пятого поколения» [21].

Схема оборудования ГБО пятого поколения представлена на рисунке 6.

«ГБО пятого поколения подходит для использования в любых инжекторных бензиновых автомобилях, стандарта эко логичности, не ниже Евро-3, Евро-4. Отличие от ГБО четвертого поколения заключается в том, что топливо подается в цилиндры в жидком состоянии. Непосредственно в самом баллоне расположен топливный насос, способный обеспечить подачу жидкого газа.

Смесительные устройства и дозаторы газа ушли в прошлое и были заменены на газовый инжектор с распределителями. Расход газа теперь осуществлялся за счет насоса, через улучшенную газовую магистраль и фильтр. Газобаллонное оборудование пятого поколения начало работать с газом в его жидкой форме. Редуктор-испаритель был исключен из системы, ведь необходимость возвращать пропан или бутан в его газообразное состояние исчезла. Вместо него в системе работает редуктор, который держит постоянное давление в системе. Клапаны переключений вида топлива и безопасности работают примерно так же, как и в четвертом поколении, но они современнее и надежнее» [8].

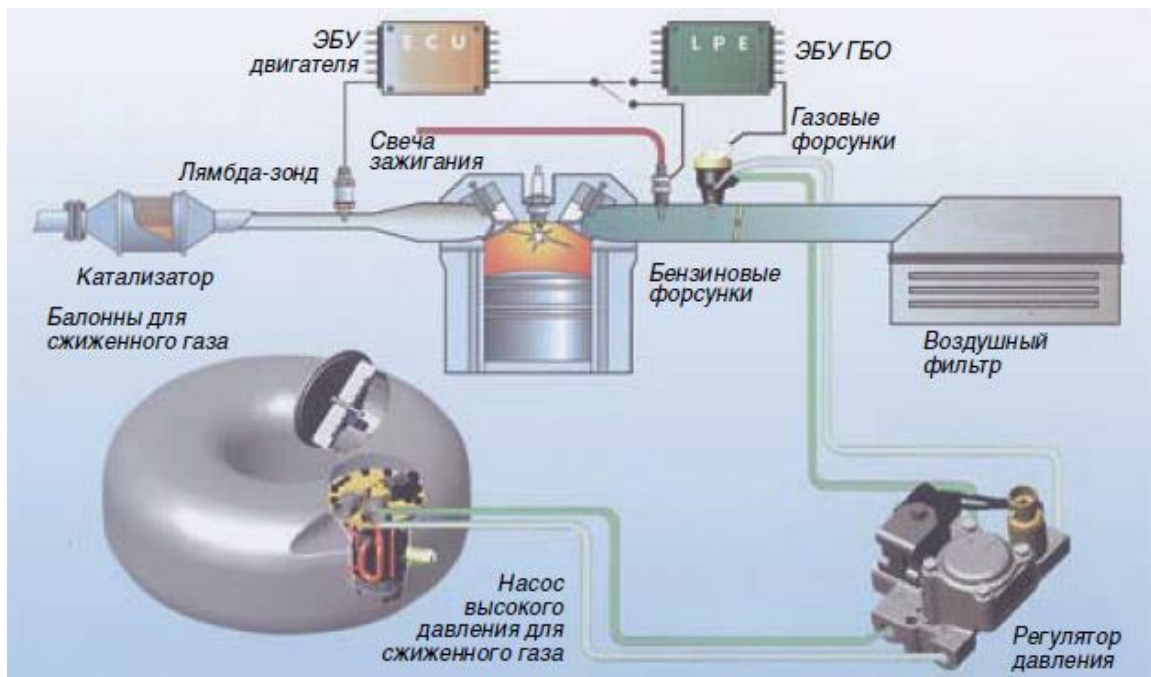


Рисунок 6 – Принципиальная схема ГБО пятого поколения

«Отличия пятого поколения газобаллонного оборудования от четвертого:

- комплект газобаллонного оборудования внедряется в систему питания двигателя и постоянно соединён с его электронным блоком управления через обмен данными, производится через высокоскоростной кабель;
- форсунки ГБО работают так же быстро, как и бензиновые, двигатель не теряется от смены вида топлива. Автомобиль практически не чувствует разницы;
- электронный блок управления ГБО имеет свою топливную карту и сам корректирует работу системы зажигания и питания, никак не влияя на их бензиновый аналог, вшитый в двигатель;
- комплект ГБО подключен к OBD и может перенастраиваться через него. Автомобиль и его двигатель могут быть настроены под любые прихоти владельца» [7];
- «редуктор газобаллонного оборудования пятого поколения не имеет мембран, его срок службы в два раза больше и за счет него

динамика и экономия топлива существенно возросли. Кроме того, отпала необходимость прогревать редуктор и защищать его от замерзания. И такие системы могут запускать и прогревать двигатель сразу на газе. Двигатель никогда не зальет свечи и на них не образуется нагар, тем самым повышая их срок службы. В автомобиль с комплектом газобаллонного оборудования пятого поколения бензин можно, вообще, не заливать;

- двигатель, его начинка и поршневая группа работают в более щадящем режиме, масло не смывается со стенок цилиндра бензином, ресурс двигателя и масла повышается;
- смесь сгорает еще более полно, практически не давая вредных выбросов, делая автомобиль экологически чистым и соответствующим современным нормам выброса вредных газов;
- подача топлива рассчитывается по массе и от нее же корректируется, за счет чего достигнута плавность и ровность работы газа независимо от температуры среды и качества смеси, давления окружающей среды (высота над уровнем моря). Расход на таких комплектах уже близок или равен расходу бензина, при этом цена на газ практически в половину ниже. Крутящий момент также повысится» [19];
- «газобаллонная система замкнутая, то есть газ по ней постоянно циркулирует, подаваясь по одному трубопроводу и возвращаясь по другому обратно в баллон. Газовые магистрали выполнены из армированного пластика, которые выдерживают огромное давление, в 15-20 раз больше рабочего. Сам пластик не теряет своих свойств и эластичности, даже через 20 лет после начала использования;
- систему газобаллонного оборудования пятого поколения не надо постоянно обслуживать. Сливать конденсат не нужно, потому что он не образуется. Чистить и ремонтировать редуктор не нужно, как

и газовый инжектор. А регулировка настроек смеси производится компьютером автоматически. Все что необходимо делать – это вместе со сменой масла в двигателе менять и газовый фильтр. Чистить газовые трубопроводы тоже не надо. Грязь, которая в них скапливалась, была продуктом химической реакции материала трубопровода (медь) и газовой смеси. В пластиковых трубопроводах ГБО пятого поколения грязь не образуется. Грязь, содержащаяся в самом газе (фракции масла, например) попадают в двигатель растворенной в газе и спокойно сгорают в процессе работы двигателя. Внутри баллона расположены несколько магнитов, которые удерживают на себе осколки металла баллона, если они образовались. Фильтр в газовой магистрали и дополнительный фильтр в насосе удерживают практически весь остальной мусор» [30];

- «соединения и комплектующие в комплектах газобаллонного оборудования пятого поколения используются только высокого качества. Они полностью герметичны и утечки газа из них практически исключены. А это означает, что о запахе газа в автомобиле можно просто забыть;
- благодаря использованию новых технологий, тонкой настройке оборудования мощность автомобиля не просто не упадет, а, скорее всего, увеличится;
- системы ГБО пятого поколения очень надежны и в них нечему ломаться;
- двигатель можно настроить на работу в спортивных и экстремальных режимах без риска его перегрева, он будет дополнительно охлаждаться бензином;
- двигатель можно настроить таким образом, чтобы он автоматически переключался с газа на бензин при различных условиях (скорость свыше 140 км/ч, прогрев и так далее)» [32];

- «установка комплекта газобаллонного оборудования пятого поколения более проста, чем четвертого. Хотя своими руками эту процедуру лучше не производить, все-таки даже опытные специалисты специально едут учиться этому за границу;
- ГБО пятого поколения можно установить на автомобили с непосредственным впрыском топлива в цилиндры: Митсубиси ГДИ, Фольксваген-Шкода-Ауди ФС, Тойота Д4, Ниссан Нео ДИ и другие. Установка комплекта газобаллонного оборудования четвертого поколения прямо в камеру сгорания приводила к быстрой закоксовке газовых форсунок и их выходу из строя. В системах газобаллонного оборудования пятого поколения с многоточечной системой последовательного впрыска газа вместе с газом в форсунки подается немного бензина, они охлаждаются и не подлежат закоксовке» [29].

Недостатки:

- «система газобаллонного оборудования очень чувствительна к качеству газа. Проблема особенно актуальна для России, где на заправочных станциях тяжело найти газ хорошего качества, что и служит тормозящим фактором в распространении именно пятого поколения газобаллонного оборудования. Некачественный газ содержит в себе примеси, которые невозможно удалить в процессе фильтрации и которые выводят из строя газовый насос. А он очень дорог в производстве и составляет $\frac{3}{4}$ стоимости комплекта ГБО пятого поколения. Впрочем, вероятно, скоро его будут делать просто более надежным и менее чувствительным к качеству газа;
- продлить ресурс газового насоса можно путем его очистки и смазки, при таком подходе газобаллонное оборудование пятого поколения становится самым надёжным из всей линейки;
- цена комплекта газобаллонного оборудования пятого поколения в три раза выше стоимости комплекта четвертого поколения. Чем

больше у двигателя цилиндров, тем больше понадобится форсунок, цена возрастает еще сильнее. Окупаемость такой системы на двигатель с восемью цилиндрами наступит через лет десять, и смысла в этом нет никакого. И это с учетом того, что цены всех таких комплектов измеряются в долларах и евро и постоянно растут. Установка комплекта газобаллонного оборудования пятого поколения обойдется от 80000 р на простейший четырехцилиндровый двигатель и увеличивается примерно на треть с увеличением количества цилиндров;

- газобаллонное оборудование пятого поколения только начинает распространяться по России, и специалистов по монтажу и настройке таких систем еще очень и очень мало. Специалистам необходимо проходить стажировку на заводах-изготовителях в Европе и получать необходимые сертификаты. Даже если система будет установлена специалистами, искать точки прохождения ТО будет достаточно проблематично, особенно в путешествии. Своими руками этого лучше не делать;
- из-за физических свойств метана, газобаллонное оборудование пятого поколения на нем работать просто не может» [8].

«Чем дальше развивается ГБО, тем выгоднее становится его использование и установка. Многие производители автомобилей выпускают машины уже с установленными комплектами. Судьба нефтяного рынка и запасов нефти не ясна, но вот природного газа в России хватит еще на лет 200 минимум» [9].

Оборудование ГБО шестого поколения.

Официальное название газобаллонного оборудования шестого поколения – Liquid Propane direct ingestion, сокращенно LPdi.

«Конструкция данного оборудования несколько сходна с ГБО пятого поколения, но имеются и конструктивные различия. Основным достижением при создании пятого и шестого поколения оборудования стало обеспечение

подачи газа в цилиндры в жидком состоянии. Это обеспечивает меньшие агрегатные потери газа и более точную дозировку. Привело это все к минимизации разницы потребления газа относительно бензина» [10].

Схема оборудования ГБО шестого поколения представлена на рисунке 7.

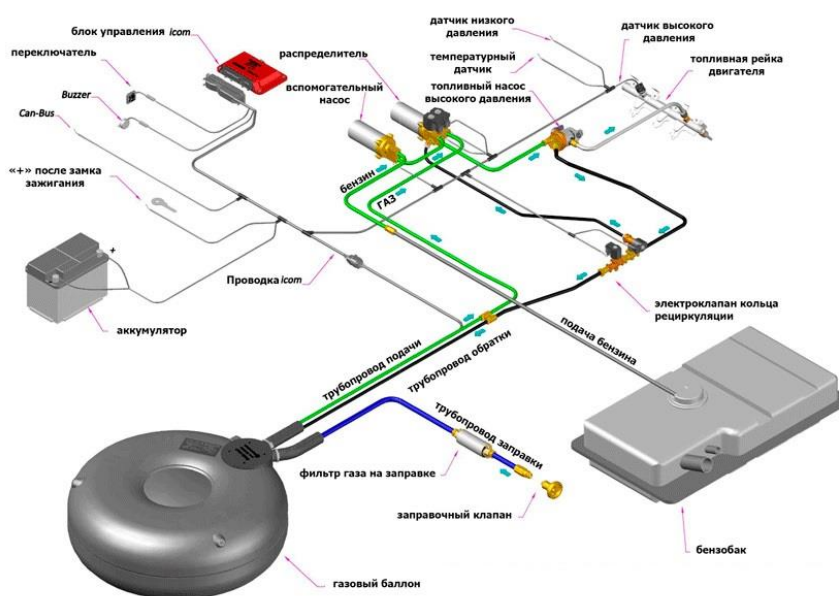


Рисунок 7 – Принципиальная схема ГБО шестого поколения

«Всего этого удалось достигнуть путем полного пересмотра принципа работы оборудования. Многие элементы, которые были общие для первых четырех поколений оборудования, были исключены, на замену им пришли новые.

Емкость для содержания газа – баллон, у оборудования шестого поколения остался, но его пришлось дорабатывать. Ведь чтобы газ оставался в жидком состоянии, его нужно подавать под высоким давлением, для создания которого в баллон интегрировали газовый насос высокого давления.

Из баллона выходит две магистрали. Первая используется для дальнейшей передачи жидкого газа под давлением на остальные элементы оборудования, а вторая магистраль предназначена для возвращения невостребованного газа обратно в баллон.

Эти магистрали, в отличие от трубопроводов первых четырех поколений, сделанных из меди, состоят из синтетического волокна, что обеспечивает им высокую надежность.

Это и есть два конструктивных сходства по механической части между ГБО пятого и шестого поколений.

Далее конструкция у этих оборудования различная.

Если у ГБО пятого поколения дальше в конструкцию был включены блок клапанов с регулятором давления и газовые форсунки, которые подавали жидкий газ в коллектор, то у газобаллонного оборудования шестого поколения всего этого нет.

В ГБО шестого поколения жидкий газ подается в блок замещения топлива, он же модуль согласования или Fuel Selection Unit, сокращенно FSU.

Этот блок врезается в магистраль подачи бензина и получается, что к нему подводится и бензиновые магистрали и газовые.

Это и вся механическая составляющая газобаллонного оборудования шестого поколения. Никаких газовых форсунок нет. Электронная часть состоит из блока управления, подключенного к штатному блоку управления инжекторной системы» [10].

Преимущества:

- «более точная дозировка газа, поскольку газ поступает в жидком состоянии;
- элементы бензиновой системы питания становятся комбинированными, так что они выполняют роль и газового оборудования, это очень важно, особенно для работы форсунок;
- точная дозировка газа обеспечивает не только более экономичный его расход, но еще и не влияет на мощность силовой установки. При этом если дополнительно силовую установку оснастить вариатором опережения зажигания, обеспечивающего более полное

сгорания газа, то мощностные показатели силовой установки, работающие на газе, могут даже возрасти;

- данное оборудование позволяет автомобилю быть монотопливным, поскольку газ имеет жидкое состояние и не требуется прогревание мотора для обеспечения перехода газа в газообразное состояние, как это было в первом-четвертом поколении ГБО;
- оборудование является необслуживаемым, поскольку такой надобности нет. Единственное, это использование специального переходника с фильтром при заправке, чтобы удалить из газа механические примеси» [10].

Недостатки:

- «поскольку в работу газовой установки включены и элементы бензиновой системы, то переход между видами топлива производится не сразу. Ведь после перехода, к примеру, с бензина на газ, в магистралях, идущих от блока замещения топлива к форсункам, остается бензин, и переход осуществится только после выработки бензина из магистралей;
- функционирование ГБО шестого поколения возможно только с газом, находящимся в жидком состоянии, а ведь он может испаряться, особенно летом, образуя в магистрали подачи газовые пробки. Поэтому перед переходом или запуском силовой установки, работающей на газе, газовый насос должен «прокачать» систему, чтобы избавиться от пробок. Частично этот недостаток устранили путем включения насоса в работу сразу после открытия двери автомобиля» [10];
- «высокая стоимость оборудования. Средняя цена установки ГБО шестого поколения с баллонами составляет 200 тысяч р. за 4-х цилиндровый автомобиль и от 300 тысяч р. – за двигатели с 6 или 8 цилиндрами;
- достаточно низкий спрос на ГБО шестого поколения. В настоящее

время самым популярным видом оборудования в нашей стране считается ГБО четвертого поколения. Владельцы более старых марок авто пользуются также ГБО второго поколения» [30].

«Анализ патентных и научных источников подтверждает, что использование газа в качестве моторного топлива остается наиболее экономичным, технологически простым и перспективным решением для автомобильного транспорта страны» [25].

Ключевые преимущества:

- экономия топливных ресурсов без радикальной переделки двигателя;
- минимальные затраты на адаптацию существующих силовых агрегатов;
- быстрый переход на газовое топливо даже в условиях кризиса и спада промышленности.

После сравнительного анализа поколений ГБО для LADA XRAY было выбрано газобаллонное оборудование 4-го поколения как оптимальное по надежности, эффективности и совместимости.

Спецификация на легковой автомобиль LADA XRAY с газобаллонным оборудованием в Приложении А (рисунок А.1).

Выводы по разделу.

Анализ состояния вопроса показал, что использование сжатого природного газа (CNG) является перспективным направлением в автомобильном транспорте благодаря экономической выгоде, экологичности и достаточной развитости газозаправочной инфраструктуры. Была рассмотрена классификация ГБО, что позволило обосновать выбор оборудования 4-го поколения как оптимального для данного автомобиля.

2 Конструкторская разработка

Целью конструкторской разработки является крепление баллона для сжатого природного газа на автомобиле Lada XRAY. Размещаем 1 баллон марки БА-51-20-254/1262 в багажном отделении автомобиля. Такое расположение баллона, особенно большой емкости, позволяет конструировать более простые крепления для баллонов.

«Газовую топливную аппаратуру можно устанавливать на любой модели легковых автомобилей отечественного и иностранного производства, оснащённых карбюраторными двигателями или двигателями с системой впрыска топлива и электронным управлением, если конструкция позволяет разместить в багажнике цилиндрический или тороидальный баллон с газом. Конструктивные решения комплектующих устройств газобаллонной аппаратуры отличаются большим разнообразием в зависимости от типов двигателей, для которых они предназначены, и от заводов-изготовителей, их производящих» [14].

«Газовое оборудование автомобиля размещают в трех местах: в моторном отсеке, салоне и багажном отсеке.

В моторном отсеке автомобиля устанавливают:

- редуктор-испаритель газа,
- смеситель,
- электромагнитный газовый клапан,
- электромагнитный бензиновый клапан.

В салоне на приборной панели устанавливают:

- переключатель видов топлива «Газ - Бензин» с блоком индикации режимов «Газ - Бензин» и количества топлива в газовом баллоне;
- предохранитель.

В багажном отсеке устанавливают:

- газовый баллон с запорно-предохранительной арматурой;
- выносное заправочное устройство» [14].

Для автомобиля Lada XRAY в состав газобаллонного предлагается включить следующее оборудование:

- «редуктор-испаритель газа LOVATO;
- смеситель TOMASETTO AT02 EXTR;
- электромагнитный газовый клапан марки Tomasetto; электромагнитный бензиновый клапан марки Atiker;
- переключатель видов топлива «Газ – Бензин» с блоком индикации режимов «Газ – Бензин» и количества топлива в газовом баллоне марки OMVL XXI;
- предохранитель;
- газовый баллон марки БА-51-20-254/1262 ТУ 4591-001-29416612-2005 с запорно-предохранительной арматурой; в
- выносное заправочное устройство с ручным вентилем марки ALFA» [15].

Рассмотрим подробнее элементы, входящие в состав газобаллонного оборудования.

«Газовый редуктор RMJ-3.2S (рисунок 8) представляет собой двухступенчатый редуктор для систем последовательного впрыска компримированного природного газа, произведен в соответствии с постановлениями ECE R110, ARAI, INMETRO и ENERGAS, и соответствует стандартам ISO 15500-9. Редуктор оснащен электрическим запорным клапаном с фильтром на входе и манометром, к которому можно подключить указатель уровня, оставшегося в баллоне газа. Давление газа на выходе автоматически и линейно компенсируется в прямой зависимости от давления во впускном коллекторе. Благодаря точности и надежности конструкции и высокого качества применённых материалов, редуктор обеспечивает безупречную работу газовой системы» [32].

Параметры газового редуктора RMJ-3.2S представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры газового редуктора RMJ-3.2S

Параметр	Значение
Тип продукции	Редуктор CNG для систем распределённого впрыска газа, работающих на метане
Материал	Алюминиевый корпус (литье под давлением)
Масса, кг	2,11
Размеры (мм)	150x150x66
Максимальное давление на входе, бар	260
Номинальное давление на выходе, бар	1,8
Напряжение катушки, В	12
Мощность катушки, Вт	13
Соединение катушки	AMP
Диаметр входного патрубка, мм	6
Диаметр выходного патрубка, мм	12



Рисунок 8 – Газовый CNG редуктор Lovato RMJ-3.2S

«Мультиклапан модели AT02 (рисунок 9) для газовых баллонов омологирован в соответствии с Европейскими Стандартами ECE 67R-01 и R10 и оснащен всеми устройствами безопасности, затребованными действующим Регламентом: предохранительным клапаном сброса давления (PRV), тепловым предохранителем (PRD), автоматическим ограничением

80%-го заполнения, электромагнитным клапаном (катушкой) на выходе, клапаном избыточного потока (скоростным клапаном), обратным клапаном, ручным запорным (сервисным) вентилем на выходе и механическим указателем уровня (или электронным датчиком по отдельному запросу)» [31].



Рисунок 9 – Мультиклапан модели AT02 для газовых баллонов

«Мультиклапаны AT02 доступны для цилиндрических баллонов с углом наклона монтажа 0°, 30° и 90°; внутренних тороидальных баллонов с углом наклона 30° и 37°; внешних тороидальных баллонов 0°, а также для других специальных баллонов по отдельному заказу» [28].

Параметры мультиклапана модели AT02 представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Параметры газового редуктора RMJ-3.2S

Параметр	Значение
Материал	Латунь горячей штамповки
Масса, кг	0,9
Предохранительный клапан (PRV), МПа	2,7
Пожарный клапан (PRD), °C	120 ± 10
Пропускная способность PRV, Н м ³ /мин	23,4

Продолжение таблицы 3

Параметр	Значение
Пропускная способность PRD, Н м ³ /мин	4,4
Скорость заправки, л/мин	18
Ввод газа	G 1/4"
Вывод газа, мм	M10x1 / трубка 6
Мощность катушки, Вт	11
Напряжение катушки, В	12
Подключение катушки	Faston – AMP superseal (для тороидальных 0°)
Тип электроклапана	нормальный
Автоограничитель заправки 80%	да
Клапан избыточного потока (аварийный)	да
Ручной вентиль на выходе	да
Датчик уровня газа	держатель датчика (сенсорный датчик по отдельному заказу)

«Электроклапан газа метан высокого давления VM05 (рисунок 10) имеет латунный корпус и предусматривает установку датчика давления соединением G 1/4"» [23].



Рисунок 10 – Электромагнитный газовый клапан марки Tomasetto

Параметры электроклапана газа метана высокого давления VM05 представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Параметры электроклапана газа метана высокого давления

Параметр	Значение
Материал	Латунь горячей штамповки с механической обработкой
Масса, кг	0,5
Максимальное рабочее давление, МПа	26
Рабочая температура, °С	от минус 40 до плюс 120
Питание катушки, В	12
Потребляемая мощность катушки, Вт	15
Тип подключение катушки	AMP Minitimer / AMP Superseal
Внутреннее соединение, мм	M12×1 под трубку 6
Внешнее соединение	G 1/2"

Клапан бензина Atiker 1226 (рисунок 11) предназначен для включения и отключения подачи бензина.



Рисунок 11 – Клапан бензина Atiker

«Переключатель видов топлива (рисунок 12) предназначен для работы в системе OMVL SAVER, KME NEVO PLUS, KME NEVO PRO, KME NEVO.

Шкала светодиодов служит индикаторами уровня газа в баллоне.

Встроенный зуммер предупреждает водителя короткими сигналами о переходе на бензин. Прервать сигнал зуммера можно сменив режим работы системы, нажатием на переключатель» [24].



Рисунок 12 – Переключатель видов топлива «Газ – Бензин» марки OMVL XXI

«Баллоны высокого давления (рисунок 13) для транспортных средств применяются на различных автомобилях и сельско-хозяйственной технике в качестве емкости для хранения и использования компримированного природного газа в виде моторного топлива.

Компримированный природный газ сегодня является наилучшей альтернативой с экологической и экономической точки зрения традиционным видам моторного топлива» [14].

Параметры баллонов высокого давления представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Параметры баллонов высокого давления

Параметр	Значение
Рабочая среда	Природный газ «метан» по ГОСТ 27577-2000
Рабочее давление, МПа (кгс/см)	20 (204)
Испытательное давление, МПа (кгс/см)	30 (206)
Температура эксплуатации, °С	от минус 45 до плюс 65
Установленный срок службы, лет	15
Присоединительная резьба	W27,8
Антикоррозионная защита	Наличие наружного и внутреннего защитного антикоррозийного покрытия
Стандарт соответствия	ТР ТС 032/2013, ГОСТ 51753, ECE 110



Рисунок 13 – Газовый баллон марки БА-51-20-254/1262 ТУ 4591-001-29416612-2005 с запорно-предохранительной арматурой

«Вентиль метан ОМВ баллонный с ЭМК (рисунок 14) применяется для перекрытия и подачи газа. Максимальное рабочее давление: 260 бар, рабочая температура: от минус 40 до плюс 85 С» [26].



Рисунок 14 – Вентиль метан ОМВ баллонный с ЭМК (Alfa)

Крепление баллонов осуществляется специальным креплением, спецификация которого прилагается к Приложению А (рисунок А.2).

Также оснащен скоростным клапаном, или клапаном излишнего напора, который используется для снижения утечки метана в случаях некорректного функционирования или избыточного наполнения баллона. Взрывным клапаном, который обеспечивает дополнительную безопасность в случае избыточного давления.

2.1 Расчет болтового соединения на срез

Для крепления конструкции к кузову автомобиля используем четыре болта М 12, материал Сталь 45, у которой $[\sigma]_t = 22$ МПа.

Исходные данные для расчета:

Вес конструкции с баллоном 430 Н.

«Нагрузка для одного болта определяется по формуле:

$$P = \frac{430}{4} = 107,5 \text{ Н}, \quad (1)$$

$$Q = \frac{\pi \cdot d_p^2}{4} [\sigma_p] \cdot f + \frac{\pi \cdot d_c^2}{4} [\tau_{cp}] \text{ МПа}, \quad (2)$$

где d_p – расчетный диаметр болта, м;

d_c – диаметр стержня в опасном сечении, м;

$[\sigma_p]$ – допустимое напряжение при растяжении;

f – коэффициент трения, принимается в пределах от 0,15 до 0,2.

$[\tau_{cp}]$ – допустимое напряжение среза» [10,12].

«Расчетный диаметр болта находим по формуле:

$$d_p = d - 0,94 \cdot S, \quad (3)$$

где d – наружный номинальный диаметр резьбы, мм;

S – шаг резьбы, шаг резьбы у болта М12 принимаем равным 1,25» [10,12].

$$d_p = 12 - 0,94 \cdot 1,25 = 10,82 \text{ мм.}$$

«Допускаемое напряжение, выбранное в зависимости от предела текучести материала определяется по формуле:

$$\sigma_p = \frac{\sigma_T}{n}, \quad (4)$$

где n – коэффициент безопасности, принимается равным 2,5» [10,12].

$$\sigma_p = \frac{22}{2,5} = 8,8 \text{ МПа.}$$

Допустимые напряжения при расчете стержней, винтов на срез находятся из формулы:

$$\begin{aligned} [\tau_{cp}] &= (0,2 \dots 0,3) \cdot G_T, \text{ [10,12]} \\ [\tau_{cp}] &= 0,25 \cdot 22 = 5,5 \text{ МПа.} \end{aligned} \quad (5)$$

Тогда условия прочности можно записать:

$$\sigma < \frac{3,14 \cdot 10,82^2}{4} \cdot 8,8 \cdot 0,18 + \frac{3,14 \cdot 0,0134^2}{4} \cdot 5,5 = 1353 \text{ Н.}$$
$$107,5 \text{ Н} < 1353 \text{ Н}$$

Условие прочности выполняется.

2.2 Расчет критической скорости по опрокидыванию автомобиля Lada XRAY

«Для расчета критической скорости по условию опрокидывания автомобиля при различных значениях радиуса поворота используют формулу:

$$V_{кр.о.} = \sqrt{\frac{g \cdot B \cdot R}{2 \cdot h_{ц.т.}}}, \quad (6)$$

где B – ширина колеи автомобиля Lada XRAY, принимаем равным 1,484 м;

R – радиус поворота автомобиля, м;

$h_{ц.т.}$ – высота центра тяжести, м» [16].

«Для автомобиля Lada XRAY без газобаллонного оборудования (ГБО) высота центра тяжести составляет 0,648 м для автомобиля, на который установлено крепление ВГСХА.048.01.01.00 с газовым баллоном составит 0,662 м» [17].

Для базового автомобиля LadaXRAY при радиусе поворота 100 м:

$$V_{кр.о. баз. авт.} = \sqrt{\frac{9,8 \cdot 1,484 \cdot 100}{2 \cdot 0,648}} = 33,5 \text{ м/с.}$$

Для модернизированного автомобиля Lada XRAY с ГБО при радиусе поворота 100 м:

$$V_{кр.о. мод. авт.} = \sqrt{\frac{9,8 \cdot 1,484 \cdot 100}{2 \cdot 0,662}} = 33,1 \text{ м/с.}$$

Аналогично выполняем расчёт для значений радиуса поворота R от 200 до 1000 м для автомобиля без ГБО и с установленным баллоном, а результаты расчётов заносим в таблицу 6.

Таблица 6 – Значения критической скорости автомобиля Lada XRAY по условию опрокидывания

Критическая скорость по условию опрокидывания для LADA XRAY, м/с	Радиус поворота, м									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Для базового автомобиля	33,5	47,4	58,0	67,0	74,9	82,0	88,6	94,7	100,4	105,9
Для модернизированного автомобиля с ГБО	33,1	46,8	57,4	66,2	74,1	81,1	87,6	93,7	99,4	104,7

Анализируя данные таблицы 6 видно, что с увеличением радиуса поворота критическая скорость автомобиля по условию опрокидывания также возрастает.

Для базового автомобиля Lada XRAY критическая скорость по условию опрокидывания превышает значение скорости для автомобиля, на который установлено крепление ВГСХА.048.01.01.00 с газовым баллоном.

«Критический угол по условию опрокидывания определяется по формуле:

$$\beta_{кр.о.} = \arctg\left(\frac{B}{2h_{у.м.}}\right), \quad (7)$$

где $B/h_{у.м.}$ – коэффициент поперечной устойчивости» [20].

Для базового автомобиля Lada XRAY:

$$\beta_{кр.о.} = \arctg(1,484)/2 \cdot 0,648 = 48,8^\circ.$$

Для модернизированного автомобиля Lada XRAY, на который установлено крепление ВГСХА.048.01.01.00 с газовым баллоном:

$$\beta_{кр.о.} = \arctg(1,484) / 2 \cdot 0,662 = 48,2^\circ.$$

Таким образом, значение критического угла у автомобиля Lada XRAY, на который установлено крепление с баллоном КПП снижается по сравнению с базовым.

Вывод по разделу:

В данном разделе был детально изучен принцип работы и устройство газовой топливной системы, установленной на легковой автомобиль. Было обращено особое внимание на ключевые компоненты системы, их взаимодействие и функциональные особенности.

Далее проведен расчет болтового соединения, испытывающего самые значительные нагрузки в процессе эксплуатации. В ходе расчета получены численные значения предельных усилий среза, которые позволят выбрать подходящие марки стали и типы крепежных элементов, обеспечив надежные соединения в условиях высоких механических нагрузок.

Дополнительно выполнен расчет критической скорости автомобиля по критерию опрокидывания. Результаты показали пороговое значение скорости, превышение которой увеличивает риск потери устойчивости транспортного средства, что важно учитывать при проектировании и испытаниях авто.

Обобщая полученные результаты, можно сделать вывод, что выполненный анализ помогает грамотно организовать установку и эксплуатацию газобаллонного оборудования, подобрать правильные параметры крепления и избежать опасных ситуаций, связанных с превышением допустимой скорости движения.

3 Технологическая часть

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

Основные элементы заправочной инфраструктуры включают (рисунок 15):

- 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.

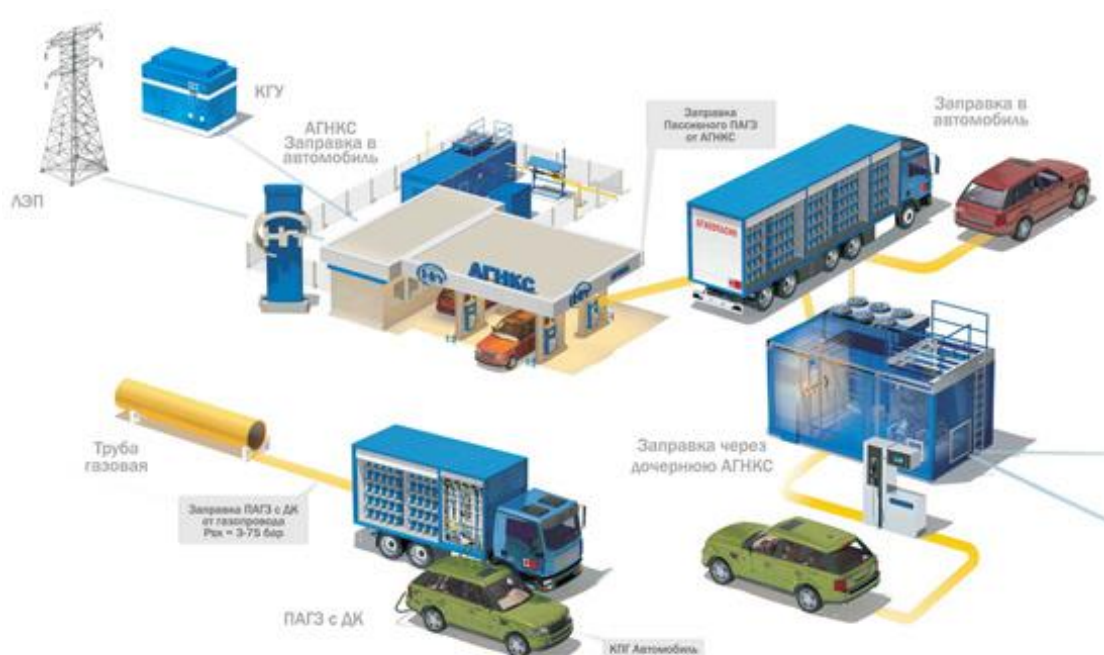


Рисунок 15 – Основные элементы заправочной инфраструктуры АГНКС

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).

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.

Выводы по разделу.

Технология заправки автомобилей КПП требует строгого соблюдения регламентов и мер из-за высокого давления (200–250 бар) и особенностей работы с газом. Соблюдение правил минимизирует риски возгорания, взрыва или утечки газа.

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 КПП 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%).

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

Таблица 1 – Сравнительный анализ затрат на несчастные случаи (% ВВП) по странам

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).

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 Lada XRAY 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 Lada XRAY 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.

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).

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.

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 Lada XRAY 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. 5 Оформление документов	«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей автомобиля, устройства	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
	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	Однообразно повторяющиеся технологические операции. Операции, требующие повышенного внимания и точности» [12]
	Напряжение зрительных анализаторов	
	Монотонность труда, вызывающая монотонию	

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.

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» [8].

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)	—
«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.

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» [13].

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.

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 Lada XRAY для использования CNG в качестве альтернативного топлива (таблица 6).

Таблица 6 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при переоборудовании автомобиля Lada XRAY 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.

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

4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса переоборудования автомобиля Lada XRAY 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.

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 Lada XRAY 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 Lada XRAY 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

- 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» [17].

Выводы по разделу.

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

- составлен технологический паспорт процесса переоборудования автомобиля Lada XRAY 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

В ходе выполнения ВКР на тему «Переоборудование легкового автомобиля Lada XRAY для использования CNG в качестве альтернативного топлива» были решены поставленные задачи, связанные с анализом перспектив применения газомоторного топлива, выбором и обоснованием газобаллонного оборудования (ГБО), а также проведением необходимых расчетов для обеспечения безопасности и надежности переоборудованного автомобиля.

Анализ состояния вопроса показал, что использование сжатого природного газа (CNG) является перспективным направлением в автомобильном транспорте благодаря экономической выгоде, экологичности и достаточной развитости газозаправочной инфраструктуры. Была рассмотрена классификация ГБО, что позволило обосновать выбор оборудования 4-го поколения как оптимального для данного автомобиля.

В конструкторской части разработана схема установки ГБО на Lada XRAY, проведены прочностные расчеты, включая расчет болтового соединения на срез, подтвердивший надежность крепления баллона, определение критической скорости по опрокидыванию, которая показала, что даже при максимально допустимой нагрузке автомобиль сохраняет устойчивость.

Результаты расчетов и анализа подтвердили, что переоборудование Lada XRAY под CNG технически осуществимо, безопасно и экономически целесообразно. Внедрение такого решения позволит снизить эксплуатационные расходы и уменьшить вредные выбросы, что соответствует современным тенденциям в автомобилестроении и экологической политике.

Перспективы дальнейших исследований могут включать оптимизацию системы управления газовым топливом, анализ долговечности узлов ГБО и разработку рекомендаций по обслуживанию переоборудованных автомобилей.

Список используемой литературы и используемых источников

1. 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.
2. Борц А.Д. Диагностика технического состояния автомобиля / А.Д. Норц, Я.К. Закин, Ю.В. Иванов. М.: Транспорт, 1979. 160 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 Сарат. полигр. комб.). 521 с.
4. Верзаков Г.Ф. Введение в техническую диагностику / Г.Ф. Верзаков, Н.В. Кипшт, В.И. Рабинович. М.: Энергия. 1968. 219 с.
5. Галкин В.И. Транспортные машины: учебник для вузов. Москва: Издательство «Горная книга»: Издательство МГГУ, 2010. 587 с.
6. Говорущенко Н.Я. Диагностика технического состояния автомобилей / Н.Я. Говорущенко. М.: Транспорт, 1975. 305 с.
7. Говорущенко Н. Я. Диагностика технического состояния автомобилей / Н. Я. Говорущенко. М.: Транспорт, 1970. 254 с.
8. 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.
9. ГОСТ 27577-2000. Газ природный топливный компримированный для двигателей внутреннего сгорания. Технические условия. М: ИПК Издательство стандартов, 2000. 15 с.
10. ГОСТ 305-2013. Топливо дизельное. Технические условия. М: ИПК Издательство стандартов, 2013. 14 с.

11. Грачев Ю.П. Математические методы планирования эксперимента / Ю. Л. Грачев. М., 1979. 195 с.
12. Гришкевич А.И. Автомобили. Теория. Учебник для вузов / А.И. Гришкевич. Мн.: Высш. шк., 1986. 208 с.
13. Гурин В.В., Замятин В.М., Попов А.М. Детали машин. Курсовое проектирование. Ч 1. Учебник. М.: Юрайт, 2016. 368 с.
14. 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.)
15. Емельянов В.Е., Крылов И.Ф. Альтернативные экологически чистые виды топлив для автомобилей. М.: АСТ Астрель, 2015. 128 с.
16. 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.
17. Марченко А.П., Елистратова С.В. К вопросу развития применения газомоторного топлива. Educatio. №4 (11)-4, 2015. С. 31-33.
18. 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.
19. 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.
20. Панов Ю.В. Установка и эксплуатация газобаллонного оборудования автомобилей. М.: Академия, 2015. 160 с.
21. 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.
22. 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.

23. Сметанин В.И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления: Учеб. пособие / В.И. Сметанин. Москва: КолосС, 2003. 230 с.
24. 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.
25. 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.
26. Чумаков Л.Л. Раздел выпускной квалификационной работы «Экономическая эффективность проекта». Уч.-методическое пособие / Л.Л. Чумаков. Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. 37 с.
27. Экология транспорта: учебник. / Е.И. Павлова. М.: Высш. шк., 2010. 366 с.
28. 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.
29. Lowndes E.M. Development of an Intermediate DOF Vehicle Dynamics Model for Optimal Design Studies / E.M. Lowndes, Raleigh, 1998. 209 p.
30. Pettersson M. Driveline Modeling and Control / M. Pettersson. - Linkoping, 1997. 150 p.
31. Puhs Allen E., Hybrid vehicles CRC Press, London NewYork 2009. 505 p.
32. 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.BP.01014.61.00.000.ПЗ	Пояснительная записка	1	
	A1			25.BP.01014.61.00.000.ВО	Чертеж общего вида	2	
					<u>Заемствованные изделия</u>		
			1		Автомобиль Lada XRAY	1	
					<u>Покупные изделия</u>		
			2		Баллон БА-51-20-254/1262	1	
Подп. и дата					ТУ 4591-001-29416612-2005		
			3		Болт М12.30 ГОСТ 7798-70	2	
			4		Болт М12.30.46.016 ГОСТ 7785-81	2	
			5		Гайка М12х6Н5	4	
			6		Шайба 12.01069	4	
					<u>Вновь разработанные изделия</u>		
	A1		7	25.BP.01014.61.07.000	Крепление баллона	1	
Взам. инв. №							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	25.BP.01014.61.00.000	
	Разраб.	Одинаков А.Р.				Автомобиль Lada XRAY	
	Проб.	Тизилов А.С.					
	Н.контр.	Тизилов А.С.				ТГУ, ЭМСД-2102а	
	Утв.	Бабровский А.В.					

Копировал

Формат А4

Рисунок А.1 – Спецификация на автомобиль Lada XRAY

Продолжение Приложения А

[illegible]

Рисунок А.2 – Спецификация на крепление баллонов