

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 кафедры)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Переоборудование легкового автомобиля Lada XRAY  
для использования КПП в качестве альтернативного топлива

Студент

А.В. Закутилин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент И.Р. Галиев

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

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

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярдова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

канд. пед. наук, доцент С.А. Гудкова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

## Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Переоборудование легкового автомобиля Lada XRAY для использования КПП в качестве альтернативного топлива».

Цель данного дипломного проекта – модернизация топливной системы двигателя автомобиля Lada XRAY для работы на сжатом природном газе.

Пояснительная записка содержит пять разделов, введение и заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 79 страниц с приложениями. Графическая часть содержит 8 листов формата А1, выполненных в универсальной системе автоматизированного проектирования Компас 3D. Проект полностью соответствует выданному заданию.

В первой части ВКР обоснованы актуальность и перспективы применения альтернативных топлив, в частности, сжатого природного газа (КПП) в качестве моторного топлива для автомобилей. Рассмотрены возможности применения газообразных топлив.

Во второй части ВКР выполнен расчет тягово-динамических характеристик автомобиля Lada XRAY.

В третьей части ВКР выбрано газобаллонное оборудование, которое будет установлено на автомобиль LADA XRAY, так же проведен прочностной расчет болтового соединения и расчет критической скорости по опрокидыванию автомобиля Lada XRAY.

В ВКР также разработаны вопросы, связанные с техникой безопасности и охраной труда. Намечены мероприятия по экологической безопасности.

В последнем разделе ВКР приведен сравнительный расчет экономической эффективности работы автомобиля на сжатом газе.

В заключении сделаны выводы по ВКР.

## **Abstract**

This graduation work is devoted to conversion of a «LADA XRAY» vehicle for use the CNG as an alternative fuel.

The aim of the work is to modernize the fuel system of the «LADA XRAY» car engine to work on compressed natural gas.

An explanatory note consists of 79 pages, including five parts, introduction and conclusion, list of references, 2 appendices. The graphic part is on 8 A1 sheets, which executed in the computer-aided modeling system KOMPAS-3D. The graduation project is fully consistent with the issued assignment.

In the first part, the relevance and prospects of using alternative fuels were established. In particular, we considered to use the compressed natural gas (CNG) as a cars motor fuel. The possibilities of using gas fuels were considered, the classification of gas-cylinder equipment was given.

In the second part, the traction and dynamic characteristics of the vehicle was calculated.

In the third part we chose gas equipment for installing on the «LADA XRAY» car. The strength calculation of the bolted connection of the gas cylinder bracket to the body was carried out. The calculation of the critical speed of «LADA XRAY» car overturning with the installed gas equipment was carried out.

The graduation work covers safety and labor protection issues. Measures to ensure ecological safety are outlined. The calculation of pollutants emissions from the maintenance area of «LADA XRAY» car was carried out.

The last part of graduation project defines an economic efficiency of the car operation on the compressed natural gas.

In the conclusion we report the results of the study and made inferences.

## Содержание

|  |    |
|--|----|
| Введение.....  | 5  |
| 1 Исследование состояния вопроса.....  | 7  |
| 1.1 Перспективы применения газообразного топлива на автомобильном транспорте.....  | 7  |
| 1.2 Классификация газобаллонного оборудования.....   | 10 |
| 1.3 Цель и задачи выпускной квалификационной работы.....   | 24 |
| 2 Расчет тягово-динамических характеристик автомобиля.....   | 26 |
| 3 Конструкторская разработка.....  | 36 |
| 3.1 Устройство системы газового оборудования на автомобиле.....  | 36 |
| 3.2 Расчет болтового соединения на срез.....   | 44 |
| 3.3 Расчет критической скорости по опрокидыванию автомобиля Lada XRAY.....   | 46 |
| 4 Производственная и экологическая безопасность проекта.....   | 49 |
| 4.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики технологического процесса установки ГБО на автомобиль Lada XRAY..... | 49 |
| 4.2 Определение профессиональных рисков.....   | 51 |
| 4.3 Мероприятия по снижению профессиональных рисков.....   | 52 |
| 4.4 Пожарная безопасность.....   | 58 |
| 4.5 Требования по технике безопасности при монтаже, обслуживании и ремонте газобаллонного оборудования автомобилей.....                            | 60 |
| 4.6 Экологическая безопасность технологического процесса установки ГБО на автомобиль Lada XRAY.....  | 62 |
| 5 Экономическая эффективность проекта.....   | 67 |
| Заключение.....  | 74 |
| Список используемой литературы и используемых источников.....  | 75 |
| Приложение А Спецификации.....   | 78 |

## Введение

«Автомобильный транспорт относят к числу наиболее энергоемких отраслей народного хозяйства. Он является одним из основных потребителей жидкого топлива нефтяного происхождения, мировые запасы которого непрерывно сокращаются. Высокие темпы развития автомобильного транспорта вызывают значительный рост масштабов потребления жидкого топлива и заметное загрязнение атмосферного воздуха в крупных городах и промышленных центрах. Одним из радикальных средств решения проблемы экономичного и рационального использования топливно-энергетических ресурсов является создание эффективных конструкций газобаллонных автомобилей и широкое их внедрение на автомобильном транспорте» [1].

Проблема использования газов в качестве моторного топлива в двигателях транспортных средств и стационарных установок различного назначения - многогранна. Она выходит за рамки какой-либо одной отрасли – транспорта, машиностроения, нефтяной или газовой промышленности.

«Перевод двигателей внутреннего сгорания и, прежде всего, двигателей транспортных средств на газ, позволяет одновременно решать ряд важнейших задач:

- снижение вредного воздействия отработавших газов на окружающую среду;
- сокращение эксплуатационных затрат и, следовательно, сдерживание роста тарифов на транспортные перевозки;
- высвобождение значительной части традиционных видов моторного топлива для использования в тех областях, где им нет альтернативы;
- сбережение ископаемых и не возобновляемых природных энергоресурсов» [2].

На рубеже тысячелетий решение этих задач становится для России и всего мира все более актуальным.

«Основу сегодняшнего мирового энергобаланса составляют именно ископаемые виды топлива - нефть, газ, уголь. На долю первичной энергии, вырабатываемой АЭС и ГЭС, приходится менее 10%. Альтернативная энергетика, основанная на использовании не ископаемых возобновляющихся энергоносителей, пока еще находится на экспериментальной стадии. По прогнозам ученых, широкое коммерческое внедрение альтернативных энерго-технологий станет возможным только во второй половине XXI века. Переход к новым технологиям будет осуществляться через расширение использования природного газа. Широкомасштабный перевод на газовое топливо транспортных средств, потребляющих пятую часть первичных энергоносителей, является одним из важнейших условий устойчивого развития мировой экономики» [3].

«В странах-участницах «Организации экономического сотрудничества и развития» доля природного газа в общем балансе первичных энергоносителей составляет сегодня примерно 20%. До 60% природного газа поставляется конечным потребителям в промышленности и коммунально-бытовом секторе, 40% газа идет на выработку электроэнергии. С увеличением численности населения Земли и развитием экономики доля газа вырастет к 2020 году до 25%. Доля нефти будет составлять примерно 40%. Неизбежен также рост парка транспортных средств, работающих на компримированном природном газе (КПГ). Дополнительным мотивом для этого являются периодические (раз в 10-12 лет) резкие скачки цен на нефть и продукты ее переработки на мировом рынке» [35].

Выше изложенное позволяет сделать вывод о необходимости проведения опытно-конструкторских разработок и экспериментальных исследований для определения оптимального варианта перевода автомобильного транспорта на газовое топливо, выявления влияния конструкции на мощность, экономичность двигателей, а также токсичность их отработавших газов

## **1 Исследование состояния вопроса**

### **1.1 Перспективы применения газообразного топлива на автомобильном транспорте**

«Компримированный 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. м<sup>3</sup>, в то время как в США его всего 9,58 млрд. м<sup>3</sup>. 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.

«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» [34].

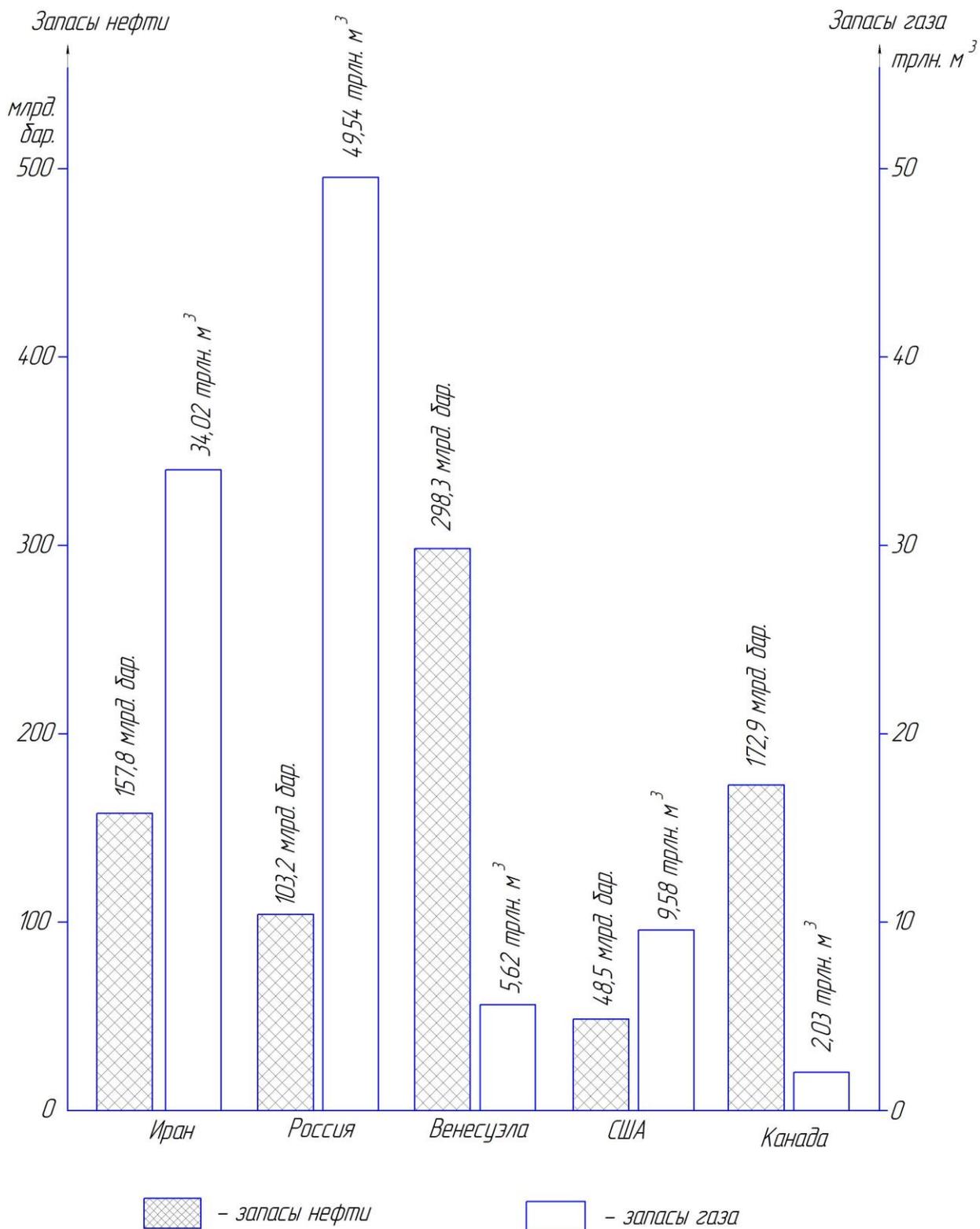


Рисунок 1 – Мировые запасы нефти и природного газа

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

Таблица 1 – Основные показатели КПГ 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 <sup>3</sup>         | 0,02       | 0,02           |
| Масса меркаптановой серы, не менее                                   | г/нм <sup>3</sup>         | 0,016      | 0,016          |
| Массовая доля сероводородной и меркаптановой серы, не более          | %                         | 0,1        | 0,1            |
| Масса механических примесей, не более                                | г/нм <sup>3</sup>         | 0,001      | 0,001          |
| Масса влаги, не более  | г/нм <sup>3</sup>         | 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 <sup>3</sup> ) | 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 сжатого природного газа и позволяет форсировать двигатель до допустимой 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 сжатого природного газа значительно выше температуры воспламенения бензина и составляет (при давлении, образующемся в камере сгорания двигателя) 640...650°C. Такая высокая температура воспламенения сжатого 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, КПГ 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» [12].

Газобаллонное оборудование – 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].

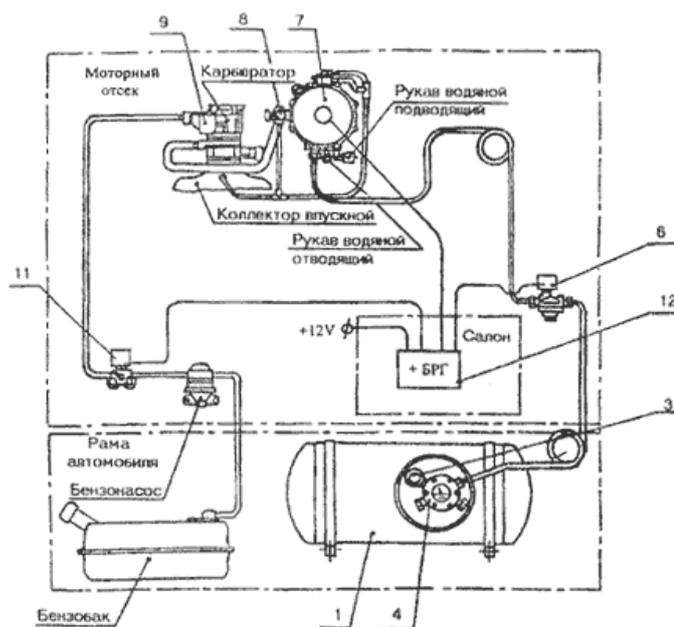
ГБО насчитывает 6 поколений.

«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.



1 – баллон; 3 – встроенное заправочное устройство; 4 – блок арматуры; 6 – клапан электромагнитный газовой; 7 – редуктор-испаритель; 8 – экономайзер; 9 – смеситель газа; 11 – клапан электромагнитный бензиновый; 12 – переключатель

Рисунок 2 – Принципиальная схема ГБО первого поколения

Принципиальная схема оборудования ГБО второго поколения представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Принципиальная схема ГБО второго поколения

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.

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.

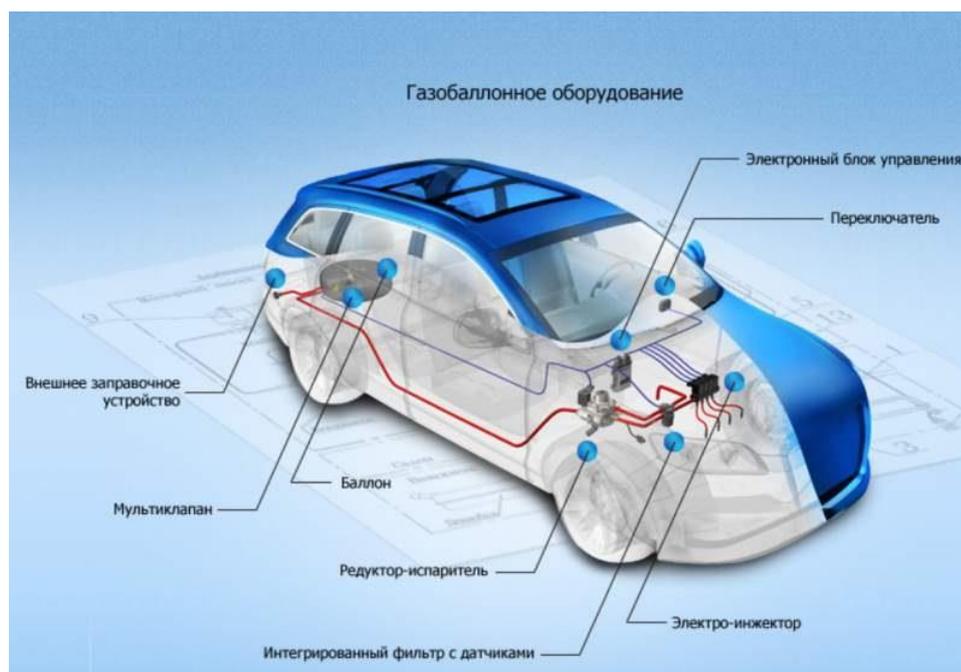


Рисунок 5 – Принципиальная схема ГБО четвертого поколения

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» [24].

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].

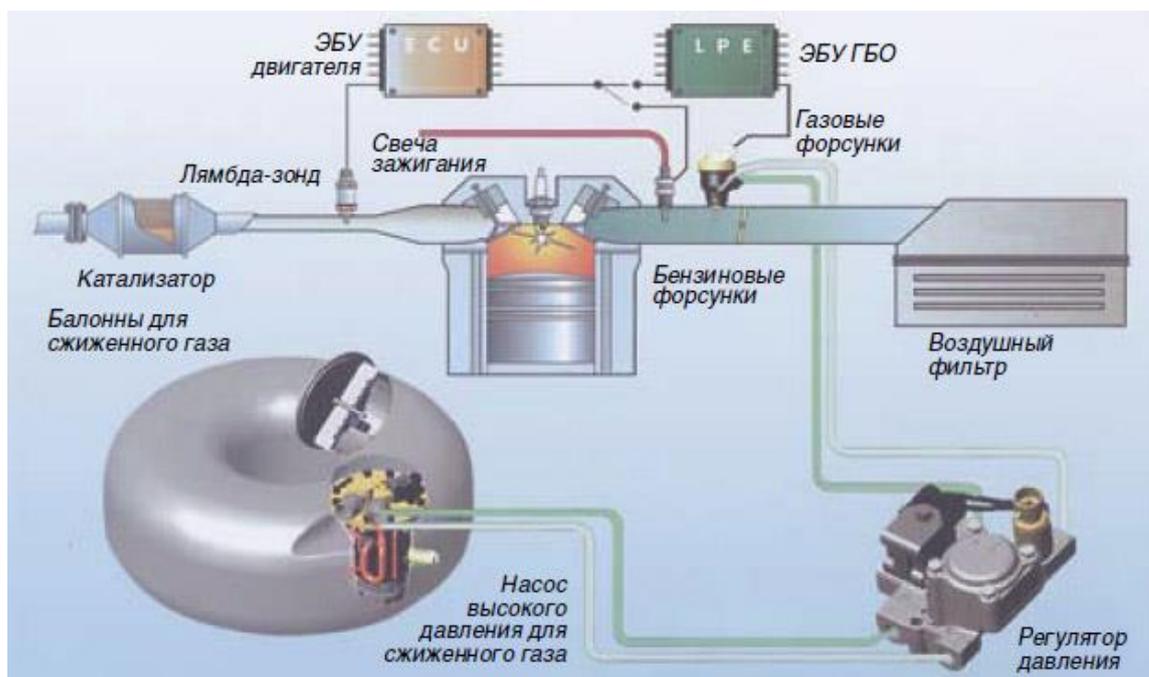


Рисунок 6 – Принципиальная схема ГБО пятого поколения

«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;
- 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 перемерзания. 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 вполнину ниже. Крутящий момент также повысится;

- 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;
- 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);
- 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 injection, 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.

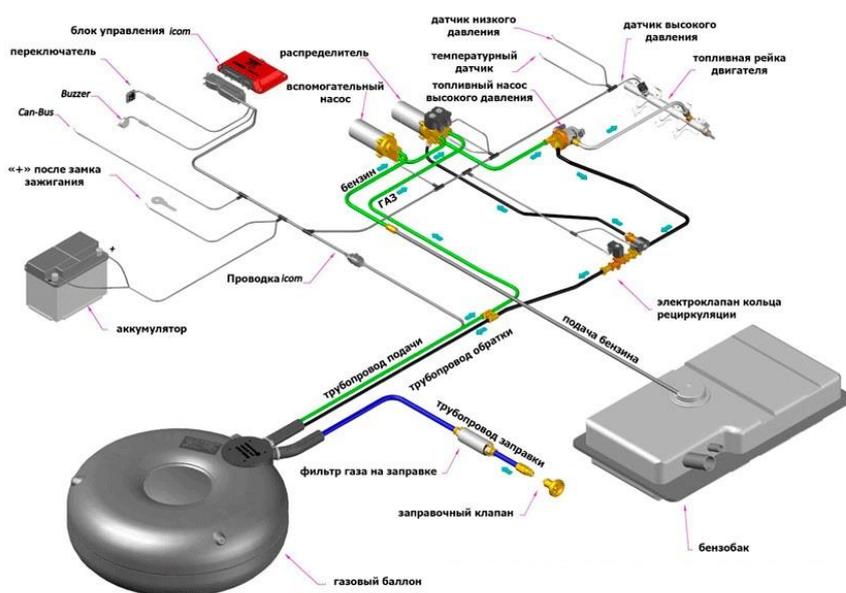


Рисунок 7 – Принципиальная схема ГБО шестого поколения

«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 неостребованного 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 оборудований 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.

### **1.3 Цель и задачи выпускной квалификационной работы**

Проведенный анализ патентных и литературных данных показывает, что применение газа в качестве моторного топлива является наиболее простым, дешевым и доступным видом топлива для автопарка страны. Указанный способ позволяет в определенной степени экономить энергоносители, не требует значительных затрат на внесение конструктивных изменений и дополнений в двигатель автомобиля и может быть реализован на двигателях, уже находящихся в эксплуатации, что особенно важно в настоящее время, в период кризиса и упадка в промышленности и добывающих отраслях народного хозяйства страны.

На основании изложенного, целью дипломного проекта явилась модернизация топливной системы двигателя автомобиля Lada XRAY для

работы на сжатом природном газе.

Изучив достоинства и недостатки разных поколений ГБО принимаем для автомобиля LADA XRAY газобаллонное оборудование четвертого поколения. Спецификация на легковой автомобиль LADA XRAY с газобаллонным оборудованием в Приложение А (рисунок А.1).

Выводы по разделу:

- исходя из анализа имеющихся литературных данных обосновать актуальность работы, теоретически оценить возможность применения КПП в качестве топлива для двигателя автомобиля Lada XRAY;
- разработать схему модернизированной системы питания двигателя автомобиля Lada XRAY для работы на КПП;
- выполнить расчет тягово-динамических характеристик автомобиля;
- произвести проектные расчеты крепления баллона;
- оценить безопасность жизнедеятельности рабочих при использовании КПП;
- проработать вопросы охраны окружающей среды при использовании КПП;
- рассчитать экономическую эффективность модернизации системы питания автомобиля Lada XRAY для работы на КПП.

## 2 Расчет тягово-динамических характеристик автомобиля

Характеристики автомобиля Lada XRAY:

- а) привод колес ..... переднеприводный;
- б) количество мест ..... 5;
- в) количество передач трансмиссии ..... 5;
- г) КПД трансмиссии ..... 0,9;
- д) шина ..... 185/65R14;
- е) максимальная скорость, км/ч ..... 180;
- ж) масса транспортного средства, кг ..... 1088;
- з) коэффициент аэродинамического сопротивления ..... 0,32;
- и) коэффициент сопротивления качению ..... 0,012;
- к) преодолеваемый уклон ..... 0,32;
- л) обороты ДВС:
  - 1) минимальные, об/мин ..... 1000,
  - 2) максимальные, об/мин ..... 6000,
  - 3) при максимальной мощности, об/мин ..... 5600.

Расчет полной массы и веса автомобиля:

$$m = m_a + 75 \cdot n + 10 \cdot n, \text{ кг} \quad (1)$$

где  $n$  – число посадочных мест автомобиля.

$$m = 1060 + 75 \cdot 5 + 10 \cdot 5 = 1485 \text{ кг.}$$

Расчет веса автомобиля:

$$G_{\text{сеп}} = m_{\text{сеп}} \cdot g, \quad (2)$$

$$G_{\text{сеп}} = 1485 \cdot 9,81 = 14827,4 \text{ Н.}$$

«Для переднеприводной компоновки с силовым агрегатом расположенным спереди распределение массы по осям будет происходить в отношении 60%/40% для передней и задней оси соответственно.» [11]

Для автомобиля XRAY в абсолютных величинах развесовка будет составлять 855кг/570кг.

«Коэффициент обтекаемости» [11]

$$k = \frac{C_x \cdot \rho}{2}, \quad (3)$$

$$k = \frac{0,32 \cdot 1,293}{2} = 0,21.$$

Радиус качения колеса для шины 185/65 R14:

$$r_k = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H, \quad (4)$$

$$r_k = 0,5 \cdot 14 + 0,86 \cdot 0,65 = 281,2 \text{ мм.}$$

«Лобовая площадь автомобиля» [11]

$$F = 0,8 \cdot B_z \cdot H_z, \quad (5)$$

где « $B_z$  и  $H_z$  – соответственно габаритная ширина и высота автомобиля.» [11]

$$F = 0,8 \cdot 1,680 \cdot 1,420 = 1,908 \text{ м}^2.$$

«Коэффициент дорожного сопротивления» [11]

$$\psi_v = f = f_{k0} \cdot \left( 1 + \frac{v_{\max}^2}{2000} \right) = 0,027. \quad (6)$$

«Передаточное отношение главной передачи» [11]

$$U_{\text{ГП}} = \frac{\omega_{\text{max}} \cdot r_{\text{к}}}{U_{\text{мгх}} \cdot U_{\text{кп}}}, \quad (7)$$

где « $U_{\text{кп}}$  – передаточное отношение высшей передачи»,  $U_{\text{кп}} = 0,78$ . [11]

$$U_{\text{ГП}} = \frac{586 \cdot 281}{50 \cdot 0,78} = 4,23.$$

Внешнескоростная характеристика силового агрегата.

«Для легковых автомобилей коэффициент суммарного дорожного сопротивления назначают равным коэффициенту качения при максимальной скорости, то есть максимальная скорость развивается только на горизонтальной дороге.»

$$N_w = \frac{1}{\eta_{\text{мп}}} \cdot (G_a \cdot \Psi_v \cdot v_{\text{max}} + k \cdot F \cdot v_{\text{max}}^3), \quad (8)$$

$$N_v = \frac{1}{0,9} (14827,4 \cdot 0,027 \cdot 50 + 0,21 \cdot 1,908 \cdot 50^3) = 77,1 \text{ кВт.}$$

«Максимальная мощность двигателя

$$N_e^{\text{max}} = \frac{N_v}{a\lambda + b\lambda^2 - c\lambda^3}, \quad (9)$$

где  $\lambda$  – отношение максимальных оборотов двигателя к оборотам двигателя при максимальной мощности»

а, b, c – эмпирические коэффициенты, согласно [13] равен 1» [11].

$$\lambda = \frac{\omega_{\text{max}}}{\omega_N}, \quad (10)$$

$$\lambda = \frac{6000}{5600} = 1,071.$$

$$N_e^{\max} = \frac{77,1}{1,071 + 1,071^2 - 1,071^3} = 77,9 \text{ кВт.}$$

«Внешняя скоростная характеристика силового агрегата с учетом оборотов» [11]

$$N_e = N_{\max} \cdot \left[ \frac{\omega_e}{\omega_N} + \left( \frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - \left( \frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right], \quad (11)$$

Передаточные числа коробки передач.

«Для обеспечения возможности движения автомобиля тяговая сила на ведущих колесах должна быть больше силы сопротивления дороги. Во избежание буксования ведущих колес тяговая сила на первой передаче должна быть меньше силы сцепления колес с дорогой.» [11]

$$G_{cy} = N_{\max} \cdot \left[ \frac{\omega_e}{\omega_N} + \left( \frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - \left( \frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right], \quad (12)$$

$$G_{cy} \cdot \varphi \geq \frac{M_{e \max} \cdot \eta_{mp} \cdot U_{ГП} \cdot U_1}{r_k} \geq G_a \cdot \psi_{\max}.$$

Тогда для первой передачи  $U_1$  справедливо:

$$\frac{G_{cy} \cdot \varphi \cdot r_k}{M_{e \max} \cdot \eta_{mp} \cdot U_{ГП}} \geq U_1 \geq \frac{G_a \cdot \psi_{\max} \cdot r_k}{M_{e \max} \cdot \eta_{mp} \cdot U_{ГП}},$$

$$2,9 \geq U_1 \geq 0,16$$

Принимаем для первой передачи  $U_1 = 2,71$ .

Зная передаточное число первой передачи находим передаточные числа для остальных передач по формулам:

$$\begin{aligned}
 U_2 &= \sqrt[3]{U_1^2}, \\
 U_3 &= \sqrt[3]{U_1}, \\
 U_4 &= 1, \\
 U_5 &= 0,6 \dots 0,8.
 \end{aligned}
 \tag{13}$$

Чтобы обеспечить надежность и долговечность зубчатого соединения для четвертой передачи вместо 1 примем передаточное отношение равным 0,98.

Подставляя значения в остальные формулы получаем:

$$U_2 = 1,94; U_3 = 1,31; U_5 = 0,78.$$

Тяговый баланс автомобиля [11]

«Уравнение тягового баланса автомобиля:

$$P_T = P_D + P_B + P_{II}, \tag{14}$$

где  $P_T$  – тяговая сила автомобиля;

$P_D$  – сила дорожного сопротивления;

$P_B$  – сила сопротивления воздуха;

$P_{II}$  – сила сопротивления разгону автомобиля» [11].

Силы рассчитываются по формулам:

$$P_T = \frac{U_k \cdot U_0 \cdot M_e \cdot \eta_{mp}}{r_k}, \tag{15}$$

$$P_D = P_{II} + P_f, \tag{16}$$

$$P_{II} = G_a \cdot \sin \alpha, \tag{17}$$

$$P_f = G_a \cdot \cos \alpha \cdot f, \tag{18}$$

$$P_B = k \cdot F \cdot v^2. \tag{19}$$

Связываем скорость и силу тяги автомобиля:

$$v_a = \frac{r_k \cdot \omega_e}{U_k \cdot U_0} \Rightarrow P_T = \frac{\omega_e \cdot M_e \cdot \eta_{mp}}{v_a}. \quad (20)$$

При помощи этой связи можно построить графики зависимости силы тяги от скорости автомобиля.

Динамическая характеристика автомобиля.

Динамическая фактором автомобиля называют отношение разности силы тяги и силы сопротивления воздуха к весу автомобиля» [11].

$$D = \frac{P_T - P_B}{G_a}. \quad (21)$$

«Определяем связь динамической характеристики и сопротивления со стороны дороги:

$$D = \psi + \frac{j}{g} \cdot \delta_{ep}, \quad (22)$$

где  $j$  – ускорение автомобиля;

$\delta_{ep}$  – коэффициент учета вращающихся масс, зависит от вращающихся масс двигателя и колес;

$\psi$  – коэффициент сопротивления дороги» [11].

Рассчитав динамический фактор автомобиля на всех передачах можем построить его графики.

Ускорения автомобиля.

«Ускорение во время разгона определяют для случая движения автомобиля по горизонтальной дороге с твердым покрытием хорошего качества при максимальном использовании мощности двигателя и при отсутствии буксования ведущих колес.» [11]

$$j = \frac{(D - \psi) \cdot g}{\delta_{ep}}, \quad (23)$$

«Коэффициент буксования рассчитывается по формуле:

$$\delta_{ep} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_k^2), \quad (24)$$

где  $\delta_1$  – коэффициент учета вращающихся масс колес;]

$\delta_2$  – коэффициент учета вращающихся масс двигателя» [11].

«Принимаем коэффициенты в соответствии со справочными значениями:» [11]

$$\delta_1 = \delta_2 = 0,03.$$

$$\delta_{epI} = 4,97;$$

$$\delta_{epII} = 3,05;$$

$$\delta_{epIII} = 2,06;$$

$$\delta_{epIV} = 1,56;$$

$$\delta_{epV} = 1,35.$$

Производим расчет и строим графики ускорения в зависимости от скорости движения автомобиля на различных передачах.

Расчет времени и пути разгона.

«Для нахождения времени разгона автомобиля необходимо задаться обратными ускорениями  $1/j$  автомобиля.

Строим их графики.

«Проинтегрировав данные графики, мы можем рассчитать время разгона от скорости автомобиля. Точки переключения передач следует взять в местах пересечения графиков» [11].

Расчет ведем по следующим формулам:

$$\Delta t = \frac{1}{j_a} \Delta v. \quad (25)$$

$$t = \sum \Delta t_i. \quad (26)$$

Путь разгона считаем аналогичным способом:

$$ds = v_a \cdot dt. \quad (27)$$

$$\Delta s = v_a \cdot \Delta t. \quad (28)$$

$$s = \sum s_i^t. \quad (29)$$

Мощностной баланс автомобиля.

«По аналогии с уравнением тягового баланса автомобиля записывается уравнение мощностного баланса автомобиля:

$$N_T = N_e - N_{mp} = N_f + N_{\Pi} + N_B + N_{И}, \quad (30)$$

где  $N_T$  – тяговая мощность, мощность подводимая к ведущим колесам;

$N_{mp}$  – мощность, теряемая в агрегатах трансмиссии;

$N_f$  – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивлению качения колес»;

$N_{\Pi}$  – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления подъему»;

$N_B$  – мощность, затраченная на преодоление силы сопротивления воздуха;

$N_{И}$  – мощность, затраченная на преодоление силы инерции автомобиля» [11].

С помощью мощностного баланса находим сопротивления, которые может преодолеть автомобиль на любой скорости.

Решение уравнения (166) производится графическим способом.

Топливо-экономическая характеристика автомобиля.

«Путевой расход топлива на 100 км пути выражается через удельный эффективный расход топлива:

$$g_{II} = \frac{g_e \cdot N_e}{36 \cdot \rho_T \cdot v}, \quad (31)$$

где  $\rho_T$  – плотность топлива, для бензина принимаем 0,72 кг/л.» [11]

Эффективность мощности может быть выражена из мощностного баланса:

$$g_{II} = \frac{g_e}{36000 \cdot \rho_T \cdot \eta_{mp}} \cdot (P_D + P_B + P_{II}). \quad (32)$$

«Точный расход топлива в определенных условиях может быть рассчитан благодаря исходя из нагрузочной характеристики двигателя, которая может быть определена только благодаря эксперименту.

«Экспериментальных данных нет, поэтому воспользуемся следующей формулой:

$$g_e = k_{CK} \cdot k_{II} \cdot g_{e \min} \cdot 1,1, \quad (33)$$

где  $k_{CK}$  и  $k_{II}$  – коэффициенты, учитывающие соответственно изменения величины удельного расхода топлива в зависимости от оборотов двигателя;

$g_{e \min}$  – минимальный удельный расход топлива, принимаем равным 290 г/кВт·ч» [11].

Отсюда, учитывая  $P_H = 0$ , для равномерного движения, выводим:

$$g_{II} = \frac{k_{СК} \cdot k_{II} \cdot g_{e\min} \cdot 1,1 \cdot (P_D + P_B)}{36000 \cdot \rho_T \cdot \eta_{mp}}. \quad (34)$$

«Так как показателем топливной экономичности автомобиля служит минимальный путевой расход топлива, соответствующий скорости при испытаниях автомобиля с полной нагрузкой на горизонтальной дороге, принимаем значение уклона дороги  $\alpha = 0$ » [11]

Вывод по разделу.

В данном разделе работы был проведен тягово-динамический расчет автомобиля, по результату которого были построены графики: внешней скоростной характеристике, тягово-динамический, пути, времени и ускорения, динамического фактор, топливной-экономической эффективности.

### **3 Конструкторская разработка**

#### **3.1 Устройство системы газового оборудования на автомобиле**

Целью конструкторской разработки является крепление баллона для компримированного 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 оборудование входят:

- «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 ENER GAS, 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.

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).



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.

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 <sup>3</sup> /мин | 23,4                     |

Продолжение таблицы 3

| Параметр  | Значение  |
|---|---|
| Пропускная способность PRD, Н м <sup>3</sup> /мин | 4,4   |
| Скорость заправки, л/мин                          | 18  |
| Ввод газа   | G 1/4"  |
| Вывод газа, мм                                    | M10x1 / трубка 6  |
| Мощность катушки, Вт                              | 11 Вт   |
| 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".



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 подключения катушки            | AMP Minitimer / AMP Superseal                      |
| Внутреннее соединение, мм          | M12x1 под трубку 6                                 |
| Внешнее соединение                 | G 1/2"   |

Клапан бензина Atiker 1226 (рисунок 12) предназначен для включения и отключения подачи бензина.



Рисунок 12 – Клапан бензина Atiker

Переключатель видов топлива (рисунок 13) 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.



Рисунок 13 – Переключатель видов топлива «Газ – Бензин» марки OMVL XXI

Баллоны высокого давления (рисунок 14) для транспортных средств применяются на различных автомобилях и сельско-хозяйственной технике в качестве емкости для хранения и использования сжатого природного газа в виде моторного топлива. Сжатый природный газ сегодня является наилучшей альтернативой с экологической и экономической точки зрения традиционным видам моторного топлива

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, ЕСЕ 110                                 |



Рисунок 14 – Газовый баллон марки БА-51-20-254/1262 ТУ 4591-001-29416612-2005 с запорно-предохранительной арматурой

Вентиль метан ОМВ баллонный с ЭМК (рисунок 15) применяется для перекрытия и подачи газа. Максимальное рабочее давление: 260 бар, рабочая температура: от минус 40 до плюс 85 С. Крепление баллоно 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.



Рисунок 15 – Вентиль метан OMB баллонный с ЭМК (Alfa)

### 3.2 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:

$$P = \frac{430}{4} = 107,5 \text{ Н}, \quad (35)$$

$$Q = \frac{\pi \cdot d_p^2}{4} [\sigma_p] \cdot f + \frac{\pi \cdot d_c^2}{4} [\tau_{cp}] \text{ МПа}, \quad (36)$$

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:

$$d_p = d - 0,94 \cdot S, \quad (37)$$

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:

$$\sigma_p = \frac{\sigma_T}{n}, \quad (38)$$

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:

$$[\tau_{cp}] = (0,2 \dots 0,3) \cdot G_T, \quad [10,12] \quad (39)$$

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

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.

### **3.3 Расчет критической скорости по опрокидыванию автомобиля Lada XRAY**

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

$$V_{кр.о.} = \sqrt{\frac{g \cdot B \cdot R}{2 \cdot h_{ц.т.}}}, \quad (40)$$

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

$R$  – радиус поворота автомобиля, м;

$h_{ц.т.}$  – высота центра тяжести, м.

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.

Для базового автомобиля Lada XRAY 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:

$$\beta_{кр.о.} = \arctg\left(\frac{B}{2h_{ц.м.}}\right), \quad (41)$$

где  $B/h_{ц.м.}$  – коэффициент поперечной устойчивости.

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 было рассмотрено устройство системы газового оборудования на легковом автомобиле, проведен расчет болтового соединения (испытывающий наибольшие нагрузки) на срез, и проведен расчет критической скорости по опрокидыванию автомобиля.

## **4 Производственная и экологическая безопасность проекта**

### **4.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики технологического процесса установки ГБО на автомобиль Lada XRAY**

Обеспечение безопасности человека в его повседневной деятельности, является важной целью, в условиях современного цивилизованного, социально-ориентированного, экономически стабильного мира.

В общем случае термин «безопасность» понимается как система «человек-машина-среда» в работе которой необходимо сохранить условие, при котором возникновение аварий устраняется с некоторой вероятностью.

В мире, особенно в последние годы, наблюдается интенсивный рост опасных процессов. С одной стороны, это опасные природные явления и стихийные бедствия, с другой стороны – техногенные аварии и катастрофы. За последние полвека число опасных стихийных бедствий увеличилось примерно в три раза, а ущерб от них – десять. При этом следует отметить, что процессы опасных природных явлений во многом связаны с деятельностью человека: деградация природной среды в результате сокращения лесного покрова, выбросов, изменения режимов природной воды, загрязнение воды и так далее.

«Общими мероприятиями, направленными на снижение производственного травматизма, являются:

- рациональное устройство основных и вспомогательных производственных зданий и сооружений,
- рациональное устройство машин, установок, приборов, инструмента, приспособлений и другого оборудования, их размещение и содержание в исправном состоянии,
- рациональная организация рабочих мест,
- улучшение технологии производства, механизация, автоматизация,

- защита работников,
- организационно-массовые мероприятия» [27].

«Здоровые условия труда на предприятиях автомобильной промышленности нельзя обеспечить без учета особенностей производства, так как для осуществления эффективных оздоровительных мероприятий необходимо исходить из санитарно-гигиенической характеристики каждого отдельного производства. При эксплуатации предприятий и отдельных производственных помещений большое значение имеют условия их содержания. В гигиенически чистых, хорошо освещаемых цехах профессиональные заболевания и травматизм снижаются.

В целях обеспечения потребителя достоверной информацией по безопасности применения, хранения, транспортирования и утилизации материалов, изделий, устройств, а также их использования в бытовых целях для каждого товара/услуги разрабатывается паспорт безопасности» [19].

В таблице 7 представлен паспорт безопасности на технологический процесс установки ГБО на автомобиль Lada XRAY.

Таблица 7 – Паспорт безопасности на технологический процесс установки ГБО на автомобиль Lada XRAY

| Технологический процесс/операция      | Содержание операций и переходов  | Должность работника, выполняющего технологическую операцию, процесс | Технологическое оборудование, приспособления, необходимые для обеспечения технологического процесса   | Наименование материалов, веществ, средств защиты (Приказ Минтруда России от 09.12.2014 № 997н), необходимых для обеспечения технологического процесса |
|---------------------------------------|--|---|---|---|
| Установка ГБО на автомобиль Lada XRAY | 1 Подготовка легкового автомобиля.<br>2 Подготовка оборудования ГБО к установке.<br>3 Монтаж ГБО | Слесарь по ремонту автомобилей 6 разряда                            | Ключи по размеру крепежных элементов:<br>– рожковые,<br>– накидные,<br>– с трещоткой.<br>Отвертки по размеру крепежных элементов:<br>– плоские,<br>– крестообразные.<br>Фреза, сверло.<br>Электрооборудование: мобильное (углошлифовальная машина, дрель) | Защитные хлопчатобумажные перчатки, очки, спецодежда, спецобувь   |

## 4.2 Определение профессиональных рисков

«Процесс определения профессиональных рисков включает в себя процедуру обнаружения, выявления опасных и вредных производственных факторов (далее – О и ВПФ) согласно ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» и установления их временных, количественных и других характеристик, в целях разработки комплекса предупреждающих мероприятий в целях обеспечения безопасности труда» [27].

Сводная информация по идентификации профессиональных рисков при технологическом процессе установки ГБО на автомобиль Lada XRAY, представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Идентификация профессиональных рисков

| Выполняемая работа  | О и ВПФ   | Источник возникновения О и ВПФ   |
|---|---|--|
| 1 Подготовка легкового автомобиля;<br>2 Подготовка оборудования;<br>3 Монтаж ГБО. | Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей, узлов, агрегатов | Детали, узлы, агрегаты для сборки  |
|   | «Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования                      | Электроинструмент  |
|   | Повышенный уровень шума   | Электроинструмент  |
|   | Запыленность и загазованность воздуха   | Пыль, поднимающаяся от работающего оборудования, транспорта  |
|   | Возможность поражения электрическим током   | Электроинструмент  |
|   | Отсутствие или недостаток естественного света                                     | Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс |
|   | Монотонность труда, вызывающая монотонию  | Однообразно повторяющиеся технологические операции при сборке/испытании» [17].                         |
|   | Напряжение зрительных анализаторов  |  |
|   | Статические нагрузки, связанные с рабочей позой                                   |  |

### **4.3 Мероприятия по снижению профессиональных рисков**

«В обязанности работодателя входит обеспечение мероприятий, направленных на улучшение условий труда, в том числе разработанных по результатам специальной оценки условий труда (Федеральный закон «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 № 426-ФЗ). Работодатель должен направлять на эти цели, согласно статье 226 «Финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда» Трудового кодекса РФ, не менее 0,2 % суммы затрат на производство продукции (работ, услуг)» [27].

Специальная оценка условий труда является единым комплексом последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации О и ВПФ производственной среды и трудового процесса и оценке уровня их воздействия на работника с учетом отклонения их фактических значений от установленных уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти нормативов (гигиенических нормативов) условий труда и применения средств индивидуальной и коллективной защиты работников.

Типовой перечень ежегодно реализуемых работодателем за счет указанных средств мероприятий по улучшению условий и охраны труда и снижению уровней профессиональных рисков (далее – Перечень) устанавливается федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере труда. Перечень утвержден Приказом Минздравсоцразвития России от 01.03.2012 № 181н.

«Основные мероприятия:

- а) «проведение специальной оценки условий труда (далее – СОУТ). СОУТ позволяет оценить условия труда на рабочих местах и выявить О и ВПФ и тем самым выполнить некоторые обязанности работодателя, предусмотренные Трудовым кодексом РФ:

- 1) информировать работников об условиях и охране труда на рабочих местах, о риске повреждения здоровья, предоставляемых им гарантиях, полагающихся им компенсациях и средствах индивидуальной защиты;
  - 2) разработать и реализовать мероприятия по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда;
  - 3) установить работникам компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда» [23].
- б) обеспечение работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, средствами индивидуальной защиты, смывающими и обезвреживающими средствами;
- в) устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов;
- г) приведение уровней естественного и искусственного освещения на рабочих местах, в бытовых помещениях, местах прохода работников в соответствие с действующими нормами;
- д) устройство новых и (или) реконструкция имеющихся мест организованного отдыха, помещений и комнат релаксации, психологической разгрузки, мест обогрева работников, а также укрытий от солнечных лучей и атмосферных осадков при работах на открытом воздухе: расширение, реконструкция и оснащение санитарно-бытовых помещений;
- е) обеспечение хранения средств индивидуальной защиты, а также ухода за ними (своевременная химчистка, стирка, дегазация, дезактивация, дезинфекция, обезвреживание, обеспыливание, сушка), проведение ремонта и замена СИЗ;

- ж) приобретение стендов, тренажеров, наглядных материалов, научно-технической литературы для проведения инструктажей по охране труда, обучения безопасным приемам и методам выполнения работ, оснащение кабинетов по охране труда компьютерами, лицензионными обучающими и тестирующими программами, проведение выставок, конкурсов и смотров по охране труда;
- з) обучение лиц, ответственных за эксплуатацию опасных производственных объектов;
- и) оборудование по установленным нормам помещения для оказания медицинской помощи и (или) создание санитарных постов с аптечками, укомплектованными набором лекарственных средств и препаратов для оказания первой помощи» [26].

Мероприятия по снижению профессиональных рисков представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

| О и ВПФ   | Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ   | СИЗ  |
|---|---|--|
| «Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования»                       | Организационно-технические мероприятия:<br>– инструктажи по охране труда;<br>– содержание технических устройств в надлежащем состоянии» [27].   | Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха) |
| «Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей, узлов, агрегатов» | Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания.<br>Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией.<br>Санитарно-гигиенические мероприятия:<br>–обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами;<br>–предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования<br>–знаки безопасности, цвета, | Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха) |

Продолжение таблицы 9

| О и ВПФ                                   | Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ   | СИЗ  |
|---|---|--|
|   | разметка по ГОСТ 12.4.026-2015;<br>–обеспечение дистанционного управления оборудованием» [27].  |  |
| «Повышенный уровень шума                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>–уменьшение величины шума на пути его распространения;</li> <li>–снижение шума в источнике;</li> <li>–проведение лечебно-профилактических мероприятий;</li> <li>–организационно-технические мероприятия (использование современных менее шумных технологических процессов и машин, – оснащение шумных машин средствами дистанционного управления и автоматического контроля;</li> <li>–контроль за уровнем шума и своевременное устранение его причин;</li> <li>–введение целесообразных режимов труда и отдыха работников на шумных предприятиях);</li> <li>–архитектурно-планировочные меры – уменьшение шума еще на стадии проектирования промышленных зданий сооружений;</li> <li>–формирование зон защищенных от шума, целесообразное размещение оборудования рабочих мест,</li> <li>–акустические решения планировок зданий и генеральных планов объектов</li> </ul> | Противошумные: наушники, закрывающие ушную раковину снаружи, вкладыши, перекрывающие наружный слуховой проход; противошумные шлема и каски; противошумные костюмы» [25].                                   |
| Возможность поражения электрическим током | <p>К техническим мерам защиты от действия электрического тока относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>–изоляция токопроводящих элементов (рабочая, двойная, усиленная),</li> <li>–зануление,</li> <li>–заземление,</li> <li>–защитное отключение.</li> </ul> <p>К организационным мерам защиты от действия электрического тока</p>  | Диэлектрические перчатки, изолирующие клещи и штанги, слесарный инструмент с изолированными рукоятками, указатели величины напряжения, диэлектрические калоши, боты, подставки, коврики, предохранительные |

Продолжение таблицы 9

| О и ВПФ   | Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ  | СИЗ  |
|---|--|--|
|   | <p>относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– оформление нарядов или распоряжений с полным указанием места и времени</li> <li>– работы, ответственных лиц, мер безопасности;</li> <li>– обучение персонала и оформление допуска;</li> <li>– надзор над проведением работ.</li> </ul> <p>Технические средства защиты от действия электрического тока:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>а) изолирующие (диэлектрические перчатки, изолирующие клещи и штанги, слесарный инструмент с изолированными рукоятками, указатели величины напряжения, диэлектрические калоши, боты);</li> <li>б) предохранительные - специальные средства индивидуальной защиты, обеспечивающие безопасность во время проведения электромонтажных работ в особо сложных условиях: на высоте, при световом, тепловом и механическом воздействии электрической дуги (предохранительные пояса, «когти», лестницы, защитные щитки, каски и очки);</li> <li>в) ограждающие для обеспечения коллективной безопасности (щиты, ширмы, барьеры, клетки, заземляющие и шунтирующие штанги, специальные знаки и плакаты)</li> </ul> | <p>пояса, «когти», лестницы, защитные щитки, каски и очки, рукавицы из и трудновоспламеняемых материалов, спецодежда, спецобувь, противогазы; щиты, ширмы, барьеры, клетки, заземляющие, шунтирующие штанги, специальные знаки и плакаты</p> |
| <p>Ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное</p> <p>Излучение сварочной дуги</p> <p>Электромагнитные поля</p> <p>Искры и брызги, выбросы расплавленного шлака и металл</p> | <p>Питание электрической дуги разрешается производить только от сварочных трансформаторов, генераторов и выпрямителей. Непосредственное питание сварочной дуги от силовой, осветительной и контактной сети не допускается</p>  | <p>Брезентовый костюм с огнезащитной пропиткой, ботинки и рукавицы (перчатки), защитные шлема или щитки со специальными светофильтрами, регулирующие затемнение в зависимости от силы сварочного тока</p>                                    |

Продолжение таблицы 9

| О и ВПФ   | Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ  | СИЗ |
|---|--|-----|
| «Отсутствие или недостаток естественного света                                      | <p>Устройство световых проемов в стенах производственного помещения, световых фонарей на крыше здания, устройство дополнительного освещения на рабочем месте рабочего.</p> <p>Контроль за параметрами освещенности при помощи специального прибора люксметра-пульсметра» [27].</p>   | —   |
| Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой | <p>«Для предупреждения развития утомления, функционального перенапряжения и функциональных скелетно-мышечных нарушений работающих факторы трудового процесса, характеризующие тяжесть физического труда, не должны превышать допустимые величины и отвечать требованиям Руководства Р2.2.2006-05.</p> <p>В целях профилактики развития утомления, перенапряжения и развития скелетно-мышечных заболеваний существенное значение имеет соответствие конструкции используемого производственного оборудования, ручного инструмента и так далее современным требованиям эргономики, антропометрическим данным, физиологическим и психологическим возможностям работающего человека» [27].</p> | —   |
| Монотонность труда, вызывающая монотонию  | <ul style="list-style-type: none"> <li>–«расширение круга обязанностей;</li> <li>–усложнение работы или обогащение такими функциями и обязанностями, которые способны сыграть роль стимулов для того или иного сотрудника;</li> <li>–руководитель должен установить режим и график работы сотрудников. Принципы и методология:</li> <li>–определения количества и продолжительности перерывов на отдых, независимо от регламентированного периода</li> </ul>   | —   |

Продолжение таблицы 9

| О и ВПФ | Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ   | СИЗ |
|---------|---|-----|
|         | <p>работы, являются едиными. С сокращением рабочего дня (с 6-7-часовой сменой) потребность в отдыхе может возрасти, поскольку, как правило, увеличивается интенсивность труда;</p> <p>–обратить внимание на социальные и физические условия труда: уровень шума в помещении, цветовая гамма помещения, освещение. Правильное оформление помещений требует логического соответствия формы и цвета» [27].</p> |     |

#### 4.4 Пожарная безопасность

К пожарной безопасности зданий и сооружений следует относиться со всей ответственностью, при этом требования по пожарной безопасности регулируются сводом правил (СНиП). Свод правил по пожарной безопасности (СНиП) – нормативные документы, в соответствии с которыми производится проектирование противопожарной защиты зданий и сооружений. СНиП о пожарной безопасности представляют собой документ, в котором прописаны правила, которым нужно следовать, начиная от проектирования и заканчивая периодом эксплуатации. Те или иные здания (сооружения) принято классифицировать по двум категориям – конструктивной и функциональной пожарной опасности. Кроме того, все здания категорируют по огнестойкости. Степень огнестойкости сооружений находится в прямой зависимости от огнестойкости конструкций несущего типа (стен, перекрытий).

Любое здание в зависимости от степени огнестойкости должно быть оборудовано:

- подъездными путями для пожарной техники,
- наружными пожарными лестницами,
- системой противодымной защиты,
- противопожарным водопроводом,
- средствами, облегчающими выходы на чердак.

При организации противопожарной безопасности нужно уделять особое внимание системам и средствам предотвращения распространения пожара по всей площади помещений. Существуют определенные требования к использованию тех или иных материалов для облицовки различных поверхностей. Кроме того, в любом здании (сооружении) должна быть размещена сигнализация, а также первичные средства пожаротушения и противопожарные преграды.

Противопожарная безопасность в здании должна быть организована таким образом, чтобы в случае обнаружения возгорания люди могли максимально быстро покинуть помещение. Эвакуационные пути должны быть предохранены от опасных факторов пожара, это возможно благодаря внедрению комплекса конструктивных, технических и инженерных решений. Организация пожарной безопасности в любом здании – обязательная и необходимая мера, к этому процессу следует подойти со всей ответственностью, без экономии средств на обустройство систем противопожарной защиты и средств пожаротушения.

Перечень мероприятий по пожарной безопасности при установке ГБО на автомобиль Lada XRAY представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень мероприятий, направленных на предотвращение пожарной опасности и обеспечению безопасности при установке ГБО

| Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности | Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности, эффекты от реализации                   |
|--|---|
| «Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности»                     | Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия |

## Продолжение таблицы 10

| Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности   | Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности, эффекты от реализации  |
|--|--|
| 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» [31].   |
| «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» [31]. |
| 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  |
| «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  |
| Обеспечение исправности, проведение своевременного обслуживания и ремонта источников наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения, средств пожаротушения | Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия  |
| Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2 ГОСТ Р 12.2.143-2009, ГОСТ 12.1.004-91  | Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных местах» [32].   |
| «Размещение информационного стенда по пожарной безопасности  | Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [31].   |

### **4.5 Требования по технике безопасности при монтаже, обслуживании и ремонте газобаллонного оборудования автомобилей**

«Общие требования безопасности:

Для самостоятельной работы связанной с монтажом, техническим обслуживанием и ремонтом газобаллонного оборудования (ГБО) допускаются лица, которые не имеют медицинских противопоказаний, и достигли 18-летнего возраста. Прежде чем приступить к ТО необходимо провести следующие виды инструктажей: вводный инструктаж; инструкцию

по пожарной безопасности; первичную инструкцию на рабочем месте; инструкцию на рабочем месте по электрическим испытаниям безопасности и проверить усвоение его содержания» [20].

- ознакомиться с внутренними правилами, установленными предприятием;
- соблюдать требования настоящего руководства, инструкции по мерам пожарной безопасности для правил электрической безопасности;
- работы, по монтажу и обслуживанию ГБО выполняются в отдельном помещении с отдельным выходом;
- соблюдать правила техники безопасности при установке ГБО.

Требования безопасности перед началом работы:

- визуально осмотреть рабочий комбинезон и убедиться в отсутствии повреждений, надеть комбинезон, необходимо застегнуть все имеющиеся пуговицы, одеть головной убор;
- до начала проведения монтажных работ необходимо проверить общее техническое состояние автомобиля;
- проверить целостность газового баллона, который необходимо монтировать на автомобиль.

Требования безопасности во время работы:

- запрещается эксплуатация автомобилей, у которых на баллонах: отсутствуют паспортные данные; закончился срок поверки; имеются повреждения поверхности (коррозия, трещины, выбоины, раковины и тому подобное); не работают переходники и вентили; окраска и надписи не соответствуют требованиям.
- в местах, крепления баллона к кузову необходимо установить резиновые прокладки, баллоны закрепляются на автомобиле специальными устройствами, которые исключают возможность поворота и смещения баллона;

- после того как система питания собрана необходимо провести проверку на герметичность с применением воздуха, азота или инертного газа при рабочем давлении. Все резьбовые соединения необходимо проверить с помощью мыльного раствора, либо специального прибора.

«Требования безопасности при аварийных ситуациях:

- в случае возникновения загорания (пожара) необходимо прекратить монтажные работы, работы по обслуживанию и ремонту ГБО, поставить в известность руководство, сообщить в МЧС и приступить к ликвидации загорания имеющимися средствами» [33].

Требования безопасности по окончании работы:

- необходимо провести проветривание помещения, где осуществлялись работы, убрать рабочее место;
- «ветошь и другой обтирочный материал испачканный маслом необходимо убрать в специальный металлический ларь с крышкой, для того чтобы исключить возникновение пожара;
- ключи, приборы и инструмент, которыми пользовались необходимо убрать на стеллаж для инструментов;
- сообщить руководству о возникших неполадках и неисправностях, во время работы, а также комплексе мерах для их устранения;
- тщательно вымыть руки и лицо теплой водой с мылом» [33].

#### **4.6 Экологическая безопасность технологического процесса установки ГБО на автомобиль Lada XRAY**

Сводная информация по идентификации экологических факторов технологического процесса установки ГБО на автомобиль Lada XRAY представлена в таблице 11.

Таблица 11 – Идентификация экологических факторов технологического процесса установки ГБО на автомобиль Lada XRAY

| Структурные составляющие (оборудование) технологического процесса | Антропогенное воздействие на окружающую среду:   |               |   |
|---|--|---------------|---|
|   | атмосферу  | гидросферу    | литосферу   |
| «Установка ГБО на автомобиль Lada XRAY                            | Мелкодисперсные частицы пыли в окружающем воздухе, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей, а также в результате ее пролива, утечки, в процессе утилизации | Не обнаружено | Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [28]. |

Сводная информация по мероприятиям, направленным на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса установки ГБО на автомобиль Lada XRAY представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Мероприятия, направленные на снижение негативного антропогенного воздействия при установке ГБО на автомобиль Lada XRAY

| Перечень мероприятий, направленных на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса установки ГБО на автомобиль Lada XRAY на: |  |  |
|---|--|--|
| атмосферу   | гидросферу   | литосферу  |
| «Применение фильтрующих элементов в вытяжных устройствах и своевременная их замена  | Экологический контроль за утилизацией и захоронением сточных вод, осадков, выбросов вредных веществ» [27]. | Спецодежда, пришедшая в негодность, применяется как вторичное сырье при производстве ветоши. Металлический лом, стружка отправляется на переплавку. Твердые бытовые / коммунальные отходы сортируются и перерабатываются / сжигаются |

#### 4.6.1 Расчет выбросов загрязняющих веществ от постов ТО автомобилей Lada XRAY

На постах технического обслуживания (ТО) для автомобилей с двигателями, работающими на лёгком жидком топливе, рассчитывается выброс CO, CH, NO<sub>x</sub>, Pb.

«Для помещения зоны ТО с тупиковыми постами валовой выброс  $i$ -го вещества рассчитывается по формуле:

$$M_{Ti} = \sum_{K=1}^K (2 \cdot m_{LiK} \cdot S_T + m_{ППiK} \cdot t_{ПП}) \cdot n_K \cdot 10^{-6},, \quad (42)$$

где  $m_{LiK}$  – пробеговый выброс  $i$ -го вещества автомобилем  $k$ -ой группы, г/км [22];

$m_{ППiK}$  – удельный выброс  $i$ -го вещества при прогреве двигателя  $k$ -ой группы, г/мин;

$S_T$  – расстояние от ворот помещения до поста ТО и ТР, принимаем равным 0,018 км;

$n_K$  – количество ТО, проведенных в течение года для автомобилей  $k$ -ой группы, принимаем равным 1500;

$t_{ПП}$  – время прогрева,  $t_{ПП} = 1,5$  мин.»[21].

Значения пробегового выброса  $i$ -го вещества и удельного выброса  $i$ -го вещества при прогреве двигателя принимаем по теплomu периоду, так как в холодное время помещение обогревается.

По формуле получаем:

– выбросы оксидов углерода (СО):

$$M_{T(CO)} = (2 \cdot 15,8 \cdot 0,018 + 4 \cdot 1,5) \cdot 1500 \cdot 10^{-6} = 0,01 \text{ т/год},$$

– выбросы углеводородов (СН):

$$M_{T(CH)} = (2 \cdot 1,6 \cdot 0,018 + 0,38 \cdot 1,5) \cdot 1500 \cdot 10^{-6} = 0,01 \text{ т/год},$$

– выбросы оксидов азота (NO<sub>x</sub>):

$$M_{T(NO_x)} = (2 \cdot 0,28 \cdot 0,018 + 0,03 \cdot 1,5) \cdot 1500 \cdot 10^{-6} = 0,0009 \text{ т/год},$$

– выбросы соединений свинца (Pb):

$$M_{T(Pb)} = (2 \cdot 0,0013 \cdot 0,018 + 0,003 \cdot 1,5) \cdot 1500 \cdot 10^{-6} = 0,00009 \text{ т/год}.$$

Максимальный разовый выброс *i*-го вещества рассчитывается по формуле:

$$G_{Ti} = \frac{(m_{LiK} \cdot S_T + 0,5 \cdot m_{PiK} \cdot t_{PP}) \cdot N'_{TK}}{3600}, \quad (43)$$

где  $N'_{TK}$  – наибольшее количество автомобилей, находящихся в зоне ТО на тупиковых постах в течение часа.

– выбросы оксидов углерода (CO):

$$G_{T(CO)} = \frac{(15,8 \cdot 0,018 + 0,5 \cdot 4,0 \cdot 1,5) \cdot 8}{3600} = 0,0073 \text{ г/с};$$

– выбросы углеводородов (CH):

$$G_{T(CH)} = \frac{(1,6 \cdot 0,018 + 0,5 \cdot 0,38 \cdot 1,5) \cdot 8}{3600} = 0,0007 \text{ г/с};$$

– выбросы оксидов азота (NO<sub>x</sub>):

$$G_{T(NO_x)} = \frac{(0,28 \cdot 0,018 + 0,5 \cdot 0,03 \cdot 1,5) \cdot 8}{3600} = 0,00006 \text{ г/с};$$

– выбросы соединений свинца (Pb):

$$G_{T(Pb)} = \frac{(0,013 \cdot 0,018 + 0,5 \cdot 0,003 \cdot 1,5) \cdot 8}{3600} = 0,000006 \text{ г/с.}$$

Для снижения неблагоприятного воздействия загрязняющих веществ на окружающую среду необходимо наличие зелёных насаждений, так как они, благодаря осаждению аэрозольных частиц на поверхности листьев и стеблей, способствуют очистке воздуха от вредных веществ и пыли. Рекомендуемыми для этого деревьями являются дуб, ива и клён.

Выводы по разделу.

В разделе «Производственная и экологическая безопасность проекта»:

- разработан паспорт безопасности на технологический процесс установки ГБО на автомобиль Lada XRAY (таблица 7);
- выявлены профессиональные риски при технологическом процессе установки ГБО на автомобиль Lada XRAY (таблица 8) и определены пути их снижения (таблица 9);
- рассмотрены мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе установки ГБО на автомобиль Lada XRAY (таблицы 10, 11);
- рассмотрены требования по технике безопасности при монтаже, обслуживании и ремонте газобаллонного оборудования автомобилей;
- определены мероприятия, способствующие снижению негативного антропогенного воздействия технологического процесса установки ГБО на автомобиль Lada XRAY (таблица 12);
- проведен расчет выбросов загрязняющих веществ от постов ТО автомобилей Lada XRAY.

## 5 Экономическая эффективность проекта

Исходные данные:

- первоначальная стоимость автомобиля Lada XRAY – 679900 р.;
- стоимость газобаллонного оборудования, устанавливаемого на автомобиль 28000 р.;
- стоимость работ по установке газобаллонного оборудования на автомобиль 19000 р.;
- стоимость металлоконструкций крепежа газовых баллонов и работ по их изготовлению 2000 р.;
- нормативный расход топлива на 100 км пробега: бензина – 7,2 л.; компримированного природного газа – 7,5 м<sup>3</sup>;
- условный годовой пробег автомобиля 25000 км;
- стоимость одного литра бензина АИ-95 – 46,55 р.;
- стоимость одного м<sup>3</sup> компримированного газа – 16 р.

Определяем годовой расход топлива по формуле [22]:

$$G_{год} = G_{год}^н + G_{прог}, \quad (44)$$

где  $G_{год}^н$  – годовой нормативный расход топлива, л/год;

$G_{прог}$  – условно принятый годовой расход бензина на прогрев для базового и проектного вариантов, принимаем равным 100 л.

$$G_{год}^н = H \cdot L_{год} / 100, \quad (45)$$

где  $H$  – нормативный расход топлива, л/100 км;

$L_{год}$  – условный годовой пробег автомобиля, принимаем равным 25000 км.

Подставляя численные значения в формулу (45), получим:

- расход бензина для базового варианта:

$$G_{год}^n = 7,2 \cdot 25000 / 100 = 1800 \text{ л/год};$$

- расход компримированного газа для нового варианта:

$$G_{год}^n = 7,5 \cdot 25000 / 100 = 1875 \text{ л/год};$$

Подставляя численные значения в формулу (44), получим:

- для базового варианта (расход бензина)

$$G_{год} = 1800 + 100 = 1900 \text{ л/год};$$

- для проектного варианта:  
годовой расход газа – 1875 м<sup>3</sup>/год,  
годовой расход бензина – 100 л/год.

Определяем стоимость топлива за год по формуле [22]:

$$C_{год} = G_{год} \cdot Ц, \tag{46}$$

где  $Ц$  – стоимость одного литра топлива, р./л.

Подставляя численные значения в формулу (46), получим:

- для базового варианта:

$$C_{год.б.} = 1900 \cdot 46,55 = 84455 \text{ р./год};$$

- для проектного варианта:

$$C_{год.пр.} = 1875 \cdot 15 + 100 \cdot 46,55 = 32570 \text{ р./год}.$$

Определяем годовую экономию от снижения стоимости топлива по формуле [22]:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{год.топл}} &= C_{\text{год.б}} - C_{\text{год.г.б.}}, \\ \mathcal{E}_{\text{год.топл}} &= 84455 - 32570 = 51885 \text{ р./год.} \end{aligned} \quad (47)$$

В эксплуатационные затраты включаем затраты на амортизацию ( $Z_A$ ), затраты на ТО и ТР ( $Z_{\text{ТО,ТР}}$ ) и, отдельно от  $Z_{\text{ТО,ТР}}$ , затраты на моторное масло:

$$Z = Z_A + Z_{\text{ТО,ТР}} + Z_M. \quad (48)$$

«Затраты на амортизацию находим по формуле [22]:

$$Z_{A1,2} = \frac{B_{1,2} \cdot a \cdot L_{\text{год}}}{100000}, \quad (49)$$

где  $B_{1,2}$  – балансовая стоимость соответственно базовой и проектной модели, р.;

$a$  – норма амортизации отчислений, принимаем равной 3%/1000 км» [30].

Первоначальная стоимость проектируемого автомобиля складывается из балансовой стоимости автомобиля взятого за базу – Lada XRAY, стоимости металлоконструкций для крепления газового баллона и работ по их изготовлению.

Подставляя численные значения из исходных данных, получим:

$$B_2 = 679900 + 28000 + 19000 + 2000 = 728900 \text{ р.}$$

Подставляя численные значения в формулу (49), получим:

– для базового варианта:

$$З_{А1} = \frac{679900 \cdot 0,3 \cdot 2500}{100000} = 50992,5 \text{ р./год.}$$

– для проектного варианта:

$$З_{А2} = \frac{728900 \cdot 0,3 \cdot 2500}{100000} = 54667,5 \text{ р./год.}$$

«Затраты на ТО и ТР определяем по формуле:

$$З_{ТО.ТР} = \frac{H_{ТО.ТР} \cdot L_{год}}{1000}, \quad (50)$$

где  $H_{ТО.ТР}$  – норма затрат на ТО и ТР, р./1000км принимаем равным 500 р./1000км для базового варианта» [30],

$$З_{ТО.ТР} = \frac{500 \cdot 25000}{1000} = 12500 \text{ р./год.}$$

Принимаем  $H_{ТО.ТР}$  равным 550 р./1000 км для проектного варианта:

$$З_{ТО.ТР} = \frac{550 \cdot 25000}{1000} = 13750 \text{ р./год.}$$

«Затраты на моторное масло определяем по формуле [22]:

$$З_M = \frac{Ц_M \cdot V_M \cdot L_{год}}{l_{ТО-2}}, \quad (51)$$

где  $C_M$  – цена одного литра моторного масла, принимаем равной

760 р./л;

$V_M$  – объем масла заливаемого в двигатель, л, принимаем равным 4 л.;

$l_{TO-2}$  – пробег автомобиля между очередными заменами масла, соответствующий периодичности ТО-2, принимаем равным 15000 км» [30].

$$Z_M = \frac{760 \cdot 4 \cdot 25000}{15000} = 5066,6 \text{ р./год.}$$

Затраты на моторное масло у газобаллонных автомобилей принимаем:

$$Z_{M2} = Z_{M1} - (0,15 \dots 0,3) \cdot Z_{M1}, \quad (52)$$
$$Z_{M2} = 5066,6 - 0,25 \cdot 5066,6 = 3799,9 \text{ р./год.}$$

Подставляя численные значения в формулу (48), получим:

– для базового варианта:

$$Z_1 = 50992,5 + 12500 + 5066,6 = 68559,1 \text{ р./год.}$$

– для проектного варианта:

$$Z_2 = 54667,5 + 13750 + 3799,9 = 72217,4 \text{ р./год.}$$

Увеличение эксплуатационных затрат:

$$\Delta Z = Z_2 - Z_1, \quad (53)$$
$$\Delta Z = 72217,4 - 68559,1 = 3658,3 \text{ р./год.}$$

Общую годовую экономию находим по формуле [22]:

$$\mathcal{E}_2 = \mathcal{E}_{2.топл} - \Delta Z, \quad (54)$$

$$\mathcal{E}_2 = 51885 - 3658,3 = 48226,7 \text{ р./год.}$$

Срок окупаемости капиталовложений определяется по формуле [22]:

$$T = \frac{(B_2 - B_1)}{\mathcal{E}_2}, \quad (55)$$

$$T = \frac{49000}{48226,7} = 1,01 \text{ года.}$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 10.

Таблица 10 – Результаты расчетов

| Показатели                                     | Единица измерения | Вариант |           |
|--|-------------------|---------|-----------|
|  |                   | Базовый | Проектный |
| Первоначальная стоимость автомобиля            | р.                | 679900  | 728900    |
| Расход топлива за год:                         |                   |         |           |
| – бензин                                       | л                 | 1900    | 100       |
| – КПГ  | м <sup>3</sup>    | –       | 1875      |
| Экономия бензина за год                        | л                 | –       | 1800      |
| Общая стоимость топлива                        | р.                | 84455   | 32570     |
| Годовая экономия от снижения стоимости топлива | р.                | –       | 51885     |
| Эксплуатационные затраты:                      | р.                |         |           |
| – общие  |                   | 61059,1 | 64717,4   |
| в том числе на ТО и ТР                         |                   | 12500   | 13750     |
| – на моторное масло                            |                   | 5066,6  | 3799,9    |
| – на амортизацию                               |                   | 43492,5 | 47167,5   |
| Увеличение эксплуатационных затрат             | р./год            | –       | 3658,3    |
| Общая годовая экономия                         | р.                | –       | 48226,7   |
| Срок окупаемости                               | р.                | –       | 1,01      |

Вывод по разделу.

В данном разделе работы проведены расчеты технико-экономического эффекта от оснащения легкового автомобиля Lada Xray газобаллонным оборудованием для работы на сжатом-природном газе.

Результаты расчета технико-экономической эффективности, проведенного по стандартной методике, показывают о целесообразности нововведений.

Капитальные затраты, связанные с модернизацией системы питания автомобиля LADA XRAY не превысят 49000 р., а срок окупаемости составит 1,01 года.

Дополнительно можно иметь ощутимый эффект от снижения токсичности отработавших газов двигателя.

Таким образом, перевод автомобиля Lada XRAY с бензинового на газовое топливо может быть целесообразным и экономически эффективным.

## Заключение

Анализ состояния вопроса убедительно показал, что сжатый природный газ является наиболее выгодным заменителем нефтяного моторного топлива с точки зрения имеющихся ресурсов производства.

Проведенный теоретический анализ конструкций и агрегатов позволил заключить, что для разработки конструкций газовых модификаций автомобилей в настоящее время производится широкий диапазон различного оборудования несколькими заводами-изготовителями.

Проведенные технологические и конструкторские расчеты по переводу двигателя автомобиля Lada XRAY для работы на КПГ позволяют с уверенностью утверждать надежность и работоспособность конструкции. При этом масса, управляемость и устойчивость автомобиля не выходит за рамки установленных пределов.

Разработанные мероприятия повышения безопасности жизнедеятельности и охраны окружающей природной среды позволят снизить до минимума негативные воздействия на природу и человека при использовании сжатого природного газа в качестве топлива.

Результаты расчета технико-экономической эффективности, проведенного по стандартной методике, показывают о целесообразности нововведений. Капитальные затраты, связанные с модернизацией системы питания автомобиля LADA XRAY не превысят 49000 р., а срок окупаемости составит 1,01 года.

Дополнительно можно иметь ощутимый эффект от снижения токсичности отработавших газов двигателя.

Таким образом, внедрение ВКР может быть целесообразным и экономически эффективным.

## Список используемой литературы и используемых источников

- 1 Ахметов Л.А., Иванов В.Н., Ерохов В.И. Экономическая эффективность и эксплуатационные свойства газобаллонных автомобилей. - М.: Высшая школа, 2010. – 272 с.
- 2 Беляев С.В., Беляев В.В. Топлива для современных и перспективных автомобилей: Учебное пособие. - Петрозаводский Гос. университет, 2005. - 236 с.
- 3 Вахламов В.К. Автомобили конструкция и элементы расчета. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. - 480 с.
- 4 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" . - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2018. - 41 с.
- 5 ГОСТ 27577-2000. Газ природный топливный сжиженный для двигателей внутреннего сгорания. Технические условия.
- 6 Графкина М.В. Михайлов В.А. Нюнин Б.Н. Безопасность жизнедеятельности: учебник для студентов ВУЗов. – М.: «Велби Проспект», 2014. – 608 с.
- 7 Гредескул А. Б. Динамика торможения автомобиля: дис. ... докт. техн. наук / А. Б. Гредескул. – Харьков, 1963. – 271 с.
- 8 Гришкевич А. И. Автомобили. Теория. Учебник для вузов / А. И. Гришкевич. – Мн.: Высш. шк., 1986. – 208 с.
- 9 Гришкевич А. И. Автомобили. Теория. Учебник для вузов / А. И. Гришкевич. – Мн.: Высш. шк., 1986. – 208 с.
- 10 Гуревич Л. В., Тормозное управление автомобиля / Л. В. Гуревич, Р. А. Меламуд. – М.: Транспорт, 1978. – 152 с.
- 11 Гурьянов С. И. Повышение точности диагностирования тормозных свойств автопоездов на стенде / С. И. Гурьянов. // Диагностика автомобилей:

III всесоюзная научно-техническая конференция: тезисы докладов. - Улан-Удэ, 1989. – с. 147-148.

12 Джонсон М. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке/ М. Джонсон, Ф. М. Лион. – Мир, 1981. – 610 с.

13 Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / П.Ф.Дунаев, О.П. Леликов. - 12-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2009. - 496 с.

14 Ерохов В.И. Газобаллонные автомобили (конструкция, расчет, диагностика). Учебник для ВУЗов. - М.: Горячая линия - Телеком, 2012. – 598 с.

15 Жуков С.А. Природный газ - моторное топливо XXI века / Промышленность сегодня. 2009. № 2. С. 12-16.

16 Золотницкий В.А. Автомобильные газовые топливные системы. - М.: АСТ Астрель, 2009. - 128 с.

17 Косиловой А.Г. Мещерякова Р.К. Справочник технолога - машиностроителя. В 3-х т. - М.: Машиностроение, 2012. – 407с.

18 Лиханов В.А., Деветьяров Р.Р. Расчет автомобильных двигателей. / Учебное пособие. Киров: Вятская ГСХА, 2008. - 174 с.

19 Лиханов В.А., Деветьяров Р.Р. Применение и эксплуатация газобаллонного оборудования: Учебное пособие. - Киров, Вятская ГСХА, 2006. - 183 с.

20 Лиханов В.А., Деветьяров Р.Р. Применение и эксплуатация газобаллонного оборудования: Учебное пособие. – Киров: Вятская ГСХА, 2006. - 183 с.

21 Лиханов В.А., Лопатин О.П. Экологическая безопасность: Учебное пособие. - Киров: ВГСХА, 2006. – 126 с.

22 Маевская Е. Б. Экономика организации : учебник / Е. Б. Маевская. - Москва : ИНФРА-М , 2017. - 351 с.

23 Макарова И.В., Хабибуллин Р.Г., Габсалихова Л.М., Валиев И.И. Перспективы и риски перевода автомобильного транспорта на газомоторное топливо. – Фундаментальные исследования. №10, 2013, С. 1209-1214

24 Никифоров, Л.Л. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие для бакалавров / Л.Л. Никифоров, В.В. Персиянов. - М.: Дашков и К, 2015. - 496 с.

25 Панов Ю.В. Установка и эксплуатация газобаллонного оборудования автомобилей: учебное пособие. 5-е изд., стер. - М.: Академия, 2012. – 160 с.

26 Петренко А.М. Устойчивость специальных транспортных средств: учеб. пособие / А.М. Петренко. - М.: МАДИ, 2013. – 41 с.

27 Руководство по организации эксплуатации газобаллонных автомобилей, работающих на компримированном природном газе. Руководящий документ Р 3112199-1095-03.

28 Теория автомобиля и автомобильного двигателя: М.Д. Артомонов, В.В. Илларионов, М.М. Морин. М., Машиностроение, 1968 – 283 с.

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

30 Эрдеди А.А. Детали машин: учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования. – 5-е изд. перераб. и доп. – М.: Академия, 2012. - 106 с.

31 David A. Hensher, Kenneth J. Button / Handbook of transport modeling. - [2. impr.]. - Amsterdam [etc.] : Pergamon, 2002 [1] с. - 165 p.

32 Henzold G. Geometrical dimensioning and tolerancing for design, manufacturing and inspection / A handbook for geometrical product specification using ISO and ASME standards – Burlington, 2016. – 390 p.

33 Lange F. H. Signale und Systeme / F. H. Lange. - Bd. 1,2. - Berlin: VEB Verlag Technik, 1975.

34 Mikell, P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems / P. Mikell. - John Wiley & Sons, 2010. - p. 1024.

35 Rabiner R. Theory and Application of Digital Signal Processing / R. Rabiner, B. Gold. -New York, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1975.



Продолжение Приложения А

| Формат                     | Зона | Лист | Обозначение                 | Наименование                  | Кол. | Примечание            |      |        |
|----------------------------|------|------|-----------------------------|-------------------------------|------|-----------------------|------|--------|
|                            |      |      |                             |                               |      |                       |      |        |
| <i>Документация</i>        |      |      |                             |                               |      |                       |      |        |
| A2                         |      |      | 21.ДП.ПЭА.16.16.1.07.000.СБ | Сборочный чертёж              | 1    |                       |      |        |
| <i>Детали</i>              |      |      |                             |                               |      |                       |      |        |
| A3                         | 1    |      | 21.ДП.ПЭА.16.16.1.07.001    | Опора                         | 2    |                       |      |        |
|                            | 2    |      | 21.ДП.ПЭА.16.16.1.07.002    | Полоса крепежная              | 2    |                       |      |        |
|                            | 3    |      | 21.ДП.ПЭА.16.16.1.07.003    | Прокладка нижняя              | 2    |                       |      |        |
|                            | 4    |      | 21.ДП.ПЭА.16.16.1.07.004    | Прокладка верхняя             | 2    |                       |      |        |
| A4                         | 5    |      | 21.ДП.ПЭА.16.16.1.07.005    | Пружина                       | 2    |                       |      |        |
| A4                         | 6    |      | 21.ДП.ПЭА.16.16.1.07.006    | Тарелка пружины               | 4    |                       |      |        |
| <i>Стандартные изделия</i> |      |      |                             |                               |      |                       |      |        |
|                            |      |      |                             | Баллон БА-51-20-254/1262      | 1    |                       |      |        |
|                            |      |      |                             | ТУ 4591-001-294.16612-2005    |      |                       |      |        |
|                            |      |      |                             | Гайка М8 1,25 ГОСТ 5915-78    | 4    |                       |      |        |
|                            |      |      |                             | Болт М8 1,25 74 ГОСТ 11371-78 | 2    |                       |      |        |
|                            |      |      |                             | Шайба ГОСТ 6402-70            | 2    |                       |      |        |
|                            |      |      |                             | Шайба плоская ГОСТ 11371-78   | 2    |                       |      |        |
|                            |      |      | 21.ДП.ПЭА.16.16.1.07.000    |                               |      |                       |      |        |
|                            |      |      |                             |                               |      | Лит.                  | Лист | Листов |
|                            |      |      |                             |                               |      |                       |      | 1      |
|                            |      |      | <b>Крепление баллона</b>    |                               |      | ТГУ, ИМ,<br>АТС-1601В |      |        |
|                            |      |      |                             |                               |      | Формат А4             |      |        |
|                            |      |      |                             |                               |      | Копировал             |      |        |

Рисунок А.2 – Спецификация на автомобиль Lada Xray