

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 автомобиля категории ГАЗон Next для использования КПП
в качестве альтернативного топлива

Студент

В.С. Романенко

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. пед. наук, доцент Л.А. Угарова

(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 автомобиля категории ГАЗон Next для использования КПП в качестве альтернативного топлива».

Пояснительная записка содержит шесть разделов, введение и заключение, список используемой литературы и используемых источников, всего 100 страниц. Графическая часть содержит 8 листов формата А1, выполненных в универсальной системе автоматизированного проектирования Компас 3D. Проект полностью соответствует выданному заданию.

В первом разделе ВКР обоснована возможность применения газа в качестве моторного топлива для автомобильных двигателей, работающих на дизельном топливе.

Во втором разделе проведен тягово-динамический расчет автомобиля ГАЗон NEXT. По результатам расчетов построены графики.

В третьем разделе проведен конструкторский расчет болтовых соединений на разрыв и срез. Графически показан способ размещения газового оборудования на раме автомобиля под рамой кузова.

В четвертом разделе рассмотрены вопросы эксплуатации автомобиля с ГБО.

В пятом разделе разработаны вопросы, связанные с техникой безопасности и охраной труда. Намечены мероприятия по экологической безопасности. Также рассмотрены экологические характеристики газодизельного двигателя ЯМЗ-5344-20, пути снижения загрязнения окружающей среды.

В шестом разделе рассчитаны технико-экономические показатели работы автомобиля ГАЗон Next на сжатом природном газе и дизельном топливе.

В заключении сделаны выводы по ВКР.

Abstract

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

An explanatory note consists of 100 pages, including six parts, introduction and conclusion, list of references. 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.

The first part of the graduation project establishes the possibility of using gas as an alternative fuel for vehicles with diesel engines.

In the second part, the thermal calculation of the «YaMZ-5344-20» engine on the diesel and gas-diesel process was carried out. Based on the calculations results, an engine indicator scheme was constructed.

In the third part, the design calculation for fracture and shear was presented. The method of placing gas equipment on the vehicle frame under the body was illustrated graphically.

The fourth part dealt with safety and labor protection issues during the operation of the vehicle with a modernized supply system. Also, the ecologic properties of gas-diesel engine «YaMZ-5344-20» and the ways to reduce environmental pollution were covered.

In the fifth part of the graduation project the technical and economic efficiency of the operation «GAZon Next» vehicle on compressed natural gas and diesel fuel was calculated.

In the conclusion the results of the study were reported.

Содержание

Введение.....	6
1 Исследование состояния вопроса.....	8
1.1 Перспективы применения газообразного топлива на автомобильном транспорте.....	8
1.2 Особенности применения сжатого природного газа	13
1.3 Цель и задачи ВКР	21
2 Расчет тягово-динамических характеристик автомобиля ГАЗон Next	23
2.1 Расчет потребляемой мощности двигателя	24
2.2 Выбор двигателя и его характеристики.....	31
2.3 Определение передаточных чисел трансмиссии	36
2.4 Построение тяговой характеристики	39
2.5 Построение динамической характеристики	41
2.6 Построение и расчет скоростных характеристик	44
2.7 Построение характеристик разгона.....	47
2.8 Мощностной баланс автомобиля.....	52
2.9 Построение топливной характеристики установившегося движения...	54
2.10 Топливо-экономическая характеристика	57
2.11 Построение и расчет характеристик торможения	58
2.12 Тормозной и установочный пути	59
3 Конструкторская разработка.....	62
3.1 Анализ существующих конструкций и их недостатки, проектный расчет крепления баллонов	62
3.2 Расчет болтовых соединений крепления баллонов на прочность	64
4 Эксплуатация автомобиля с газобаллонным оборудованием	68
5 Производственная и экологическая безопасность.....	73
5.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики на технологический процесс переоборудования ГАЗон Next для использования КПП в качестве альтернативного топлива.....	73

5.2	Определение профессиональных рисков.....	75
5.3	Мероприятия по снижению профессиональных рисков.....	76
5.4	Пожарная безопасность	82
5.5	Экологическая безопасность технологического процесса переоборудования ГАЗон Next для использования КПГ в качестве альтернативного топлива	84
5.6	Расчет выбросов загрязняющих веществ от поста ТО автомобиля ГАЗон Next.....	86
6	Экономическая оценка эффективности проекта.....	89
	Заключение	96
	Список используемой литературы и используемых источников.....	97
	Приложение А Спецификации.....	100

Введение

Увеличение числа автомобилей неизбежно сопровождается повышением расхода жидкого топлива из нефтепродуктов и значительным загрязнением воздуха. На сегодняшний день транспорт в России потребляет более половины светлых нефтепродуктов, что составляет примерно 13% всех энергетических ресурсов. Таким образом, оптимизация объемов использования моторного топлива на основе нефти является одной из важнейших задач национальной экономики. Проблема сокращения загрязнения не менее серьезна, особенно в крупных промышленных городах. Решению этих проблем способствовало широкое использование компримированного природного газа в автотранспортных средствах.

Компримированный природный газ является полноценным топливом для двигателей транспортных средств и не требует большой технической обработки. Расширение сети газопроводов, охватывающих большую часть страны, открывает хорошие перспективы для применения КПГ в качестве моторного топлива для двигателей газобаллонных автомобилей.

Национальные экономические последствия использования компримированного природного газа связаны главным образом с расширением видов традиционных топливно-энергетических ресурсов на автомобильном транспорте и сокращением выбросов токсичных веществ в атмосферу с отработавшими газами.

Двигатели автомобилей являются основой мобильного обеспечения отраслей народного хозяйства Российской Федерации и одним из главных источников загрязнения окружающей среды и потребления моторного топлива нефтяного происхождения. Так, автомобильный транспорт Российской Федерации и соседних стран ежегодно потребляет около 130 миллионов тонн моторного топлива.

Выхлопные газы содержат сотни различных компонентов, большинство из которых ядовиты. Они падают на растения, почву, попадают

в организм животных и людей, снижают урожайность, снижают качество сельскохозяйственной продукции, и в конечном итоге оказываются в организмах животных и людей, в потребляемой ими пище.

«Анализ проблем антропогенного и техногенного воздействия транспортных средств на атмосферу показывает, что с учетом современных тенденций развития транспортного комплекса Российской Федерации (уровень технического оснащения автомобилей, качество топливного масла, контроль состояния и снижение вредных выбросов) их воздействие на окружающую среду в течение 5-10 лет значительно возрастет, особенно в крупных городах» [1].

Именно поэтому сейчас назрела острая необходимость в разработке более экологически чистых видов топлива, используемых на автомобильном транспорте.

Российский парк автомобилей на КПП насчитывает более 40 тысяч единиц. Таким образом, проблема модернизации системы питания автомобиля Газон Next для работы на сжатом природном газе является актуальной.

1 Исследование состояния вопроса

1.1 Перспективы применения газообразного топлива на автомобильном транспорте

Природный газ, добываемый в промышленности из недр Земли, состоит из 70-98% метана, который является самым простейшим бесцветным и безвкусным углеводородом. В его состав также входят более тяжелые углеводороды (этан, пропан, бутан) и ряд неуглеродных веществ (водород, сероводород, азот и другие) [2].

Таким образом, потребители могут быстро реагировать на утечку природного газа, в частности, добавляя в него ароматизаторы с невысокой концентрацией, и поэтому не наносящие вреда здоровью. Обычно добавляют серосодержащие органические соединения, выделяющие неприятные запахи и таким образом позволяют привлечь к себе внимание.

В настоящее время природный газ является наиболее важным альтернативным топливом.

Так как в качестве топлива используется только углерод, природный газ очищается от неуглеродных примесей сразу после извлечения. Метан обычно называют природным газом, и смесь пропана и бутана, которая является отдельным продуктом и чаще всего называется «углеводородным газом» или «сжиженным углеводородным газом» (СУВГ), извлеченный от очищенной смеси углерода, соответственно. По сути, настоящий природный газ представляет собой смесь углеродных газов, которые отделены друг от друга для промышленного потребления [30].

Область применения природного газа очень многогранна. Он используется и в химической промышленности и в качестве источника электрической и тепловой энергии, а также в качестве моторного топлива.

Любой газ, используемый как топливо для двигателя, сжат или разжижен для уменьшения объема, также, таким образом, упрощают и

уменьшают стоимость его транспортировки и использования. Объем сжатого метана уменьшается в 200-250 раз, сжиженного – в 600 раз.

Сжижение позволяет свести к минимуму количество газа, поэтому на первый взгляд сжижение кажется более выгодным, но поскольку это более сложный и дорогостоящий процесс, который значительно увеличивает затраты на производство, поэтому метан обычно не сжижается, а вместо этого сжимается для использования его качестве автомобильного топлива.

Следует также отметить, что у пропан-бутановой смеси (СУВГ) выход энергии ниже, чем выход энергии метана почти на 25 %. Стоимость сжиженной пропан-бутановой смеси не намного ниже, чем сжатого метана, а занимает места в баллоне намного больше. СУВГ дешевле бензина от 40 до 50 %, в то время как КПГ дешевле от 30 до 50 %.

На сегодняшний день использование сжиженной пропан - бутановой смеси экономически выгоднее, чем компримированного природного газа, но это временное преимущество. С учетом того, что запасы пропана и бутана значительно ниже, чем запасы метана, то в будущем в качестве газомоторного топлива будет использоваться сжиженный метан или компримированный природный газ [2, 3].

Сжатие метана происходит при внешнем давлении. Для этого используется компрессор чтобы сжать очищенный метан и закачать его в специальные емкости, которые могут выдержать высокое давление. После извлечения, природный газ транспортируют через подземный газопровод к заводу или АГНКС, где он подвергается очистке, измерению и сжатию для того чтобы производить заправку автомобилей.

«Газификация автомобильного транспорта в основном обусловлена необходимостью улучшения экологической обстановки в крупных городах, жители которых задыхаются от смога. Из-за загрязнения воздуха, по оценкам экспертов, от 50 до 90 % приходится на выбросы вредных веществ во время эксплуатации транспортных средств, и люди часто страдают от респираторных заболеваний, рака и других серьезных заболеваний» [5].

«Специалисты полагают, что массовое использование газобаллонных автомобилей, приведет к снижению вреда для здоровья человека на 60%, чем при использовании традиционных видов топлива (бензина и дизельного топлива). Кроме того, перевод на природный газ 20 млн. единиц во всем мире позволит сократить выбросы парниковых газов на 20%» [4].

«При сжигании метан в основном выделяет воду и углекислый газ. Отсутствие золы или сажи снижает вредное воздействие на двигатель, и уменьшает загрязнение атмосферы.

КПГ в отличие от бензина позволяет:

- полностью исключить выбросы свинцовых соединений, так как они отсутствуют в КПГ;
- в 5 раз уменьшает количество выбросов окиси углерода;
- в 2 раза уменьшает количество выбросов несгоревших углеводородов;
- в 9 раз уменьшает задымленность атмосферы;
- в 2 раза уменьшает уровень шума при работе двигателя, что также очень важно для больших шумных городов» [35].

«КПГ содержит серу, ароматические углеводороды и другие примеси. То есть, его продукты сгорания не совсем безвредны для человека, но метан по-прежнему является одним из самых экологически чистых видов автомобильного топлива, поэтому его применение позволяет многие серьезные экологические проблемы» [3].

«Стандарты качества моторного топлива постоянно меняются. Требования к экологической чистоте топлива постоянно повышаются. Чем оно чище, тем эксплуатация автомобильных двигателей более безопасна и дешевле, а также снижается наносимый вред для окружающей среды» [5].

«Природный газ дает возможность перейти на экологически чистое моторное топливо, которое соответствует требованиям стандарта Евро-5 и, следовательно, быстро окупает инвестиции в автомобильную конвертацию

из-за низкой стоимости газа по сравнению с бензином и дизельным топливом.

Технически невозможно добавить в метан какой-либо химический компонент, поэтому его качество не будет плохим. Он может только быть недостаточно очищенным от углеводородов или неуглеродных примесей, но современные технологии позволяют проводить очистку на достаточно высоком уровне, чтобы потребители не беспокоились о чистоте КПП» [3].

Актуальность переоборудования транспортных средств на природный газ обусловлена не только необходимостью улучшения состояния окружающей среды, проблемами, влияющими на здоровье населения, но и, как следствие, снижением качества жизни, производительности труда и необходимости повышения расходов на медицинское обслуживание, а также рядом других причин.

Проблемы нехватки и высокие цены на бензин, зависимостью от импортного топлива вынудили во многих странах мира использовать газомоторное топливо, которое позволит снизить темпы инфляции, на которую влияет рост цен на моторное топливо, снизить цены на автомобильное топливо для населения и организаций, рационально использовать природные ресурсы. Все это позволит увеличить эффективность бюджетных ресурсов.

«Стоимость сжатого метана примерно в 2 раза ниже стоимости дизельного топлива. Использование его в качестве моторного топлива позволит снизить эксплуатационные затраты автомобиля от 15 до 20 %» [6].

Все это делает природный газ самым дешевым видом топлива для частных владельцев и коммерческих предприятий, использующих свой собственный автомобильный парк.

«Преимущества переоборудования автомобиля для работы на КПП:

- не требует внесения изменений в конструкцию двигателя;
- повышает срок службы моторных масел от 1,5 до 2 раз;

- делает двигатель более пожаробезопасным, потому что метан не накапливается во время утечки, а быстро улетучивается» [7].

Некоторые эксперты предложили отнести метан к числу источников энергии, который восстанавливается, так как он может использовать органические отходы для промышленного производства (биометан), решая при этом часть проблем охраны окружающей среды и часть экономических (энергетических).

Как я уже неоднократно отмечал, развитие рынка газовых двигателей позволит снизить негативное влияние транспортных средств на атмосферу и здоровье людей, а также решить ряд научно-технических и организационных проблем.

«К таким проблемам можно отнести:

- сокращение выбросов загрязняющих веществ в автотранспортных средствах за счет использования экологически чистых видов топлива;
- расширение и стабилизация рынка автомобильного топлива за счет увеличения доли использования газа;
- внедрение современных производственных мощностей КПП, обеспечивающих долгосрочный внутренний спрос на автомобильное топливо;
- повышение эффективности использования существующих источников энергии и энергосбережения;
- увеличение инвестиций в реальную экономику в послекризисный период;
- внедрение новых технологий во все отрасли экономики;
- обеспечение потребителей надежным газоснабжением;
- развитие газозаправочной сети;
- размещение автогазозаправочных пунктов на основных международных транспортных коридорах» [7].

В связи с обострением экологических проблем, улучшаются технологии добычи и переработки природного газа, истощаются запасы нефти, растет интерес к метану в качестве источника энергии и к альтернативным видам моторного топлива. В качестве топлива двигателей метан очень ценится в странах с большими запасами природного газа или возможностями производства биометана, а также в тех странах, где существуют серьезные проблемы, такие как повышение бюджетной эффективности, улучшение состояния окружающей среды и обеспечение безопасности в области энергетики.

1.2 Особенности применения сжатого природного газа

Что касается выбросов вредных веществ в атмосферу, то природный газ (метан) имеет огромное преимущество перед традиционными видами нефтяного топлива в качестве моторного топлива. С точки зрения стандартов нормируемые и ненормируемые (альдегиды, полиароматические углеводороды и ароматические углеводороды – бензол, толуол, ксилол) компоненты, работающие на нем, более экологичны для автомобильного транспорта. Например, эти вредные вещества в бензиновых двигателях почти в 10 раз превышают метановый двигатель. Таким образом, замена традиционного нефтяного топлива газом становится необратимым процессом в мире, то же самое касается и России. Во-первых, метод нейтрализации выхлопных газов является относительно простым, поскольку природный газ содержит до 90% метана, который является нетоксичным. Во-вторых, в России разведанные запасы природного газа велики, добыча с каждым годом увеличивается, а запасы нефти постоянно снижаются и объемы ее добычи с каждым годом становятся меньше.

Все эти достоинства были известны давно. Во времена Советского Союза к природному газу как моторному топливу обращались дважды.

В первый раз после войны, когда производство автомобилей стало расти настолько быстро, что после этого времени на добычу нефтяного топлива не было. Этому также способствовали более высокие, чем у газогенераторных, параметры газобаллонных автомобилей. В регионах с природным газом замена газогенерирующих автомобилей на газобаллонные позволяла получать большие экономические выгоды и являлась прибыльной в эксплуатации.

Тем не менее, благодаря нагрузке, мощности двигателя, качеству подготовки и, следовательно, производительности и стоимости транспортных работ двигателя, работающие на газе не так хороши, как при использовании жидкого нефтяного топлива. Существует основная проблема ГБО – утечка газа. В целях борьбы с данным явлением стали появляться строгие нормы пожарной и взрывоопасной безопасности, была проведена серьезная модернизация всех помещений, предназначенных для хранения, обслуживания и ремонта газобаллонного транспорта. Кроме того, доступ в эти помещения разрешен только после выпуск газа из всех баллонов. Однако, несмотря на нехватку моторного топлива из нефти для двигателей, автоколонны вынуждены были терпеть эти трудности, и даже сами занимались переоборудованием автомобилей для работы на газе.

Другими словами, процесс преобразования АТС для использования сжатого природного газа активно поддерживался и не требовал каких-либо инструкций. Однако после создания мощностей по производству нефтяного топлива и устранения его дефицита, спрос на газобаллонные автомобили резко снизился. В результате заводы ГАЗ и «УралАЗ» прекратили производство газобаллонных автомобилей.

В 1980-х годах во второй раз обратились к сжатому газу. Основная причина – это необходимость улучшения городской среды, а также возникающий дефицит жидкого нефтяного топлива.

Новым этапом внедрения газообразного топлива для автомобилей было принятие соответствующих государственных правил. Для достижения этой

цели большая часть автозаводов страны разработала газовые или газодизельные модели автомобилей и организовала серийное производство. Кроме того, в отрасли было налажено производство специализированного газового оборудования, которое к 1990 году в стране достигло 1 миллиона единиц. Для бесперебойной заправки автомобилей планировалось построить широкую сеть автомобильных газонаполнительных компрессорных станций АЗС (АГНКС).

По большому счету, все это было сделано: на территории СССР появилось более 300 АГНКС, из которых 200 в России, в основном в крупных городах; введены в эксплуатацию новые производственные мощности по производству 250 тысяч комплектов баллонного оборудования и 80 тысяч газобаллонных автомобилей.

В результате к 1991 году парк автомобилей, работающих на газе, достиг более 30000 автомобилей и потреблял более 5100 миллионов кубометров газа.

Директива также предусматривала переоснащение производственных зданий и помещений автотранспортных предприятий для стоянки, обслуживания и ремонта газобаллонных автомобилей. Однако эта задача практически не была выполнена, поскольку для соответствия зданий по строгим стандартам пожароопасности и взрывозащиты потребовались огромные средства. В результате большинство автомобильных предприятий проводили работы с нарушением норм или на открытых площадках. Все это, не только сказывалось на качестве обслуживания и качестве ремонта, но и вызывало недовольство и негативное отношение к газобаллонным автомобилям.

Попытки увязать другие страны СНГ к решению этой проблемы не увенчались успехом. В частности, соглашение между правительствами стран содружества, подписанное в 1995 году о более тесном сотрудничестве в области использования природного газа, не сработало, поскольку оно было предписывающим и не обеспечивало стимулов.

Сегодня есть только одно исключение – Москва. Столичное правительство уделяет большое внимание рекомендациям экспертов и понимает, что сжатый природный газ является наиболее экологичным, экономичным и эффективным средством решения проблемы загрязнения окружающей среды.

Развитие работ по использованию сжатого газа способствовало тому, что многие страны идут по этому пути. Например, Соединенные Штаты приняли пятилетнюю программу применения газа (стоимостью 170 миллионов долларов), которая включает в себя технологии хранения газа на транспортных средствах, модификации газовых двигателей, улучшения газового оборудования и другие вопросы. Реализация программы позволит к 2020 году иметь в своем автопарке 1,5 миллиона автомобилей работающих на газе (в 1996 году их было всего около 50 тысяч). Япония, Великобритания, Аргентина, Австралия также приняли аналогичные планы. К 2020 году планируется построить в каждой стране 250-300 тысяч единиц газобаллонных автомобилей [31].

Правительство Российской Федерации издало распоряжение от 13 мая 2013 г. №767-р «О регулировании отношений в сфере использования газового моторного топлива, в том числе природного газа в качестве моторного топлива». Согласно этому распоряжению к 2020 году 15 городов Российской Федерации с населением каждого около 1 миллиона человек и выше должны перевести на газомоторное топливо половину парка. Для городов с меньшим населением эти цифры несколько скромны. Но в общей сложности около 46000 единиц транспортных средств должны быть переоборудованы на ГМТ.

В рамках этого распоряжения была разработана программа получения регионами субсидий: в 2014 году на закупку транспортных средств с газовым оборудованием было выделено 3,6 млрд. рублей, а в 2015 году – 3 млрд. рублей. Это позволило профинансировать покупку около 2,2 тысячи единиц техники. В 2016 году программа была расширена и дополнительно было

выделено 3 млрд. рублей. По мнению экспертов, для устойчивого развития рынка газомоторного топлива нужно ежегодно увеличивать количество газобаллонных автомобилей не менее чем на 20 тысяч единиц.

Тем не менее, из отчета Минэнерго России за начало 2020 года видно, что в общей сложности 4876 единиц техники работающей на газе находятся в федеральной и муниципальной собственности. Еще 8934 единицы находятся в собственности индивидуальных предпринимателей, физических и юридических лиц.

Обоснованность приказов и постановлений очевидна: они обеспечивают как нормативные и стимулирующие меры, так и решение многих технических и организационных вопросов (например, проблемы пожарной и взрывоопасной безопасности зданий). Все это позволило газобаллонным автомобилям быть более экономически эффективными и конкурирующими с автомобилями, работающими на бензине и дизельном топливе [8].

Как известно, ранее произведенные метановые автомобили имеют серьезные недостатки: на них установлены баллоны из тяжелой стали (62-92 кг), что снижает грузоподъемность грузовых автомобилей ГАЗ, ЗИЛ, МАЗ и других в среднем на 500 кг; мощность двигателя при преобразовании для работы на природном газе снижается от 18 до 20 %, что приводит к ухудшению динамики, средней скорости, а также производительности, в частности, в автомобильных поездах; из-за отсутствия надежности клапанов, отсутствия датчиков утечки газа делает необходимым применение более жестких требований к АТС, противопожарной и взрывозащищенности на баллонах, чем на обычных автомобилях, что усложняет эксплуатацию таких автотранспортных средств.

Сейчас эта позиция меняется. В течение последних шести-восьми лет, несмотря на то, что автозаводы прекратили производство газобаллонных автомобилей, ряд организаций и предприятий России (в том числе и в

Москве) работали над совершенствованием газового оборудования. За это время было найдено достаточно количество эффективных решений.

Начато производство пластиковых и металлических пластиковых баллонов, вес которых в 2-3 раза ниже стальных, емкость 200-500 литров вместо 50, как у стальных. Таким образом, по сравнению с аналогами работающими на жидком нефтяном топливе, переоборудованный автомобиль ничего не теряет, ни по грузоподъемности, ни по пробегу на одной заправке, ни по надежности, ни по безопасности.

Новый этап применения газа привел к появлению в России более 10 организаций, которые занимаются производством газобаллонного оборудования, а также устанавливают его на эксплуатируемые транспортные средства. Созданы и реконструированы производственные мощности на производство около 300 тысяч комплектов газового оборудования за год.

Для снижения эксплуатационных расходов были созданы и производятся компактные модульные и небольшие заправочные станции, а также передвижные заправочные станции. В городе строятся новые автозаправочные станции, что приближает их к большому парку, а также к комбинированным (газовым и бензиново – дизельным) автозаправочным станциям. Это следует рассматривать как проявление определенного прогресса в области использования сжатого газа в качестве безопасного топлива (ранее, как правило, газозаправочные станции находились за пределами города, и не допускалось их сочетание с заправками других видов топлива) [9].

Однако большинство изготовителей газобаллонного оборудования в России, стремясь быстрее захватить рынки и экономя деньги на НИОКР, хотя и осваивают ряд прогрессивных технологий, но полностью не устранили недостатки, о которых говорилось выше.

Таким образом, для неметаллических и металлических пластиковых баллонов разработаны требования надежности и безопасности конструкций и налажено их производство. Возможность дальнейшего расширения

производства – это полное удовлетворение их потребностей. Однако для этого производителям таких баллонов необходимо снизить стоимость 1 литра объема до 3,5 долларов США. Также необходимы недорогие надежные клапаны, небольшие датчики для обнаружения метана в воздухе и так далее.

Мы до сих пор не решаем важнейшую задачу – выпустить систему впрыска газа в двигатель, отрегулировать состав воздушной смеси и момент воспламенения. Это означает, что из-за снижения мощности газовые автомобили продолжают уступать бензиновым автомобилям по мощностным характеристикам. Основная причина – это отсутствие координационных действий исполнителей данной работы недостаточное финансирование ПАО «Газпром» как организации, наиболее заинтересованной в увеличении потребления природного газа на автомобилях. В стране также отсутствуют единые требования к хранению, техническому обслуживанию и ремонту газового оборудования. Даже Москва лишь немного уточнила устаревшие нормативные требования к этим помещениям, провела своеобразный «косметический» ремонт. Как отмечалось выше, высокая степень классификации этих зданий с точки зрения пожароопасности и взрывоопасности была сохранена и допускалась только для жидких нефтяных видов топлива. Таким образом, автомобили, работающие на сжатом газе, снова находятся в неравном состоянии, а автомобили продолжают использовать жидкое нефтяное топливо.

В соответствии с постановлением Правительства Москвы предусмотрено создание автомобилей работающих на КПП. Действительно, в некоторых случаях автоколонны из-за отсутствия средств на реконструкцию помещений будут вынуждены отказаться от газобаллонных автомобилей. Однако в то же время зарубежный и отечественный опыт убедительно доказал, что автомобили, использующие газомоторное топливо, не более огне- и взрыво- опасны, чем бензиновые. Поэтому требования к помещениям, обслуживающим газобаллонные автомобили, не должны быть более

жесткими. Учитывая, что метан легче воздуха, эти помещения просто оснащены дополнительными датчиками управления и вентиляторами [10].

«Как бензиновые, так и дизельные двигатели могут быть преобразованы для использования ГБО (а также метан и пропан – бутан). Грузовые или легковые автомобили – без разницы. Однако при этом серьезным изменениям подвергается штатная система питания дизеля.

Работа двигателя начинается с зажигания. Однако от сжатия газ не воспламеняется, так как его температура самовоспламенения значительно выше (около 700 градусов, для дизельного топлива 320-380 градусов). Таким образом, из-за недостаточной температуры сжатого воздуха в цилиндре теоретически невозможно использовать даже один вид топлива. Существует два способа позволяющие адаптировать работу дизельного двигателя к газу» [9].

«Первый метод более простой, но более радикальный. Двигатель претерпевает существенные изменения: устанавливается система зажигания, а топливное оборудование демонтируется. Вместо форсунок ставят свечу зажигания. ГБО собирается, и с помощью дозирующего агрегата газ поступает во впускной коллектор. Степень сжатия, нужная для дизельного топлива, слишком велика для метана (октановое число 120). Для хороших условий работы двигателя степень сжатия должна быть уменьшена до 12-14. Это достигается путем отбора «дополнительного» металла в камере сгорания головки блока цилиндров или в нижней части поршня. Однако этого может быть недостаточно, поэтому устанавливается шайба под головку цилиндра необходимой толщины. Изменения в конструкции двигателя большие, поэтому получается так называемый «газовый» двигатель. По этим характеристикам он практически идентичен бензиновому двигателю «поджатоному» под газ (достигая той же степени сжатия 12-14), а за счет увеличения срока службы двигателя, экологичности и экономичности можно признать существенное улучшение. Конструкция позволяет использовать только один вид топлива. В Европе этот метод практикуется уже давно.

Более простой вариант – это адаптация традиционного дизельного двигателя к смеси дизельного топлива и метана. Здесь встает та же проблема – как сжигать метан. При использовании газодизельного двигателя это может быть достигнуто следующим образом: в конце такта сжатия в цилиндр подается определенное количество дизельного топлива, которое воспламеняется во время такта впуска и в свою очередь воспламеняет газоздушную смесь. Часть запальной порции всех автомобильных двигателей (так называемых высокоскоростных дизельных двигателей) составит 15-30% в зависимости от типа двигателя, его состояния, самого ГБО» [9, 10].

Говоря об экологической значимости этого преобразования: при работе в режиме 80 % газа и 20 % дизельного топлива», характерная для дизельного режима сажа полностью исчезает. Увеличивается содержание углеводов в отработавших газах – СН, но в основном из-за несгоревшего метана. Основной токсичный компонент выхлопных газов традиционных дизельных двигателей – это 3,4-бензопирен (самый сильный канцероген) практически отсутствует. Как и во всех газифицированных двигателях, увеличивается ресурс (за счет уменьшения отложений в цилиндро-поршневых узлах) и срок службы масла [11].

1.3 Цель и задачи ВКР

Применение газа в качестве моторного топлива является наиболее простым, дешёвым 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 промышленности и добывающих отраслей народного хозяйства страны. Это

позволяет сделать вывод о необходимости проведения опытно - конструкторских разработок и экспериментальных исследований для работы на КПП, оценки влияния конструктивных изменений на мощность, экономичность двигателей, а также на токсичность отработавших газов.

Выводы по разделу.

В ходе выполнения раздела можно поставить цель – модернизация системы питания двигателя автомобиля ГАЗон Next для работы на сжатом природном газе. Для достижения поставленной цели в ВКР необходимо решить следующие задачи:

- исходя из анализа имеющихся литературных источников, обосновать актуальность применения сжатого природного газа, его влияние на показатели процесса сгорания, токсичности и на экономические показатели;
- выполнить тягово-динамический расчет автомобиля ГАЗон Next;
- разработать схему модернизации топливной системы;
- произвести конструкторские расчёты модернизируемых и проектируемых деталей топливной системы (болтовые соединения);
- оценить безопасность жизнедеятельности при использовании КПП;
- рассчитать экономическую эффективность перевода автомобиля ГАЗон Next для работы на КПП.

2 Расчет тягово-динамических характеристик автомобиля ГАЗон Next

В таблице 1 представлены технические характеристики автомобиля ГАЗон Next.

Таблица 1 – Исходные данные

Показатель	Значение
Колесная формула	4×2
Число мест, включая водителя, чел.	2+1
Колесная база, мм	4515
Дорожный просвет, мм	253
Габаритные размеры, мм	7960×2350×4000
Снаряженная масса, кг	4130
Максимальная скорость, км/ч	100
Кол-во топливных баков	1
Двигатель	
Модель двигателя	ЯМЗ-534
Тип двигателя	дизельный, с турбонаддувом и охладителем наддувочного воздуха
Число цилиндров	4
Рабочий объем двигателя, л.	4,43
Мощность двигателя, л.с. при об/мин	190,5/2300
Максимальный крутящий момент, Нм при об/мин	490/1200-2100
Коробка передач	
Тип коробки передач	механическая 5-ступенчатая, с синхронизаторами на всех передачах
Передаточные числа коробки передач прототипа	6,555; 3,933; 2,376; 1,422; 1
Передаточное число главной передачи	4,55
Колеса и шины	
Размер шин	пневматические, радиальные, размером 245/70R19,5
Коэффициенты	
КПД трансмиссии:	0,93
Коэффициент сопротивления качению: – сухой асфальт; – мокрый грунт.	0,007 0,0016
Время переключения передач, с	3
Минимальный удельный расход топлива, г/кВтч	197
Плотность топлива, кг/м ³	0,86

2.1 Расчет потребной мощности двигателя

Исходя из назначения автомобиля, касательную силу будем искать на 4-х режимах:

- режим максимальной скорости. Для данного расчетного режима принимаем, что автомобиль без нагрузки движется с максимальной скоростью по хорошей асфальтобетонной горизонтальной поверхности;
- режим максимального дорожного сопротивления. Для данного режима считаем, что полностью груженный автомобиль движется по наиболее плохому дорожному покрытию (которое может встречаться в стационарных эксплуатационных режимах) при уклоне дороги не более 30% с минимальной скоростью;
- режим максимального ускорения. Режим рассчитывается для обеспечения возможности быстрых обгонов и высоких показателей разгона. Данный режим должен выбираться при проектировании спортивных автомобилей и автомобилей, для которых динамика ускорения является одним из ключевых параметров;
- средний режим. Для данного расчетного режима выбирается «крейсерская» скорость, полная нагрузка, удовлетворительное асфальтобетонное покрытие с небольшим уклоном (может учитываться ускорение).

Режим максимальной скорости.

Для данного расчетного режима принимаем, что груженный автомобиль движется с максимальной скоростью по хорошей асфальтобетонной горизонтальной поверхности при следующих условиях: $m=8700$ кг, $v=100$ км/ч, $f_0=0,007$, $\alpha=0^\circ$, 5 передача, $u_{к.н.}=1$, $j_a=0$.

Касательная сила тяги находится из уравнения тягового баланса:

$$P_k = P_\psi + P_j + P_w, \quad (1)$$

где P_ψ – сила суммарного дорожного сопротивления, определяется как сумма сил сопротивления качению и подъему,

$$P_\psi = m_n \cdot g \cdot (f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha), \quad (2)$$

$$P_\psi = 8700 \cdot 9,81 \cdot (0,00952 \cdot 1 + 0) = 812,5 \text{ Н};$$

P_j – сила инерции поступательно движущихся масс или сопротивление разгону,

$$P_j = m_n \cdot j_a \cdot \delta_{nm}, \quad (3)$$

$$P_j = 0 \text{ Н};$$

P_w – сила сопротивления воздушной среды,

$$P_w = k_w \cdot A_l \cdot v^2, \quad (4)$$

$$P_w = 0,5625 \cdot 4,99 \cdot \left(\frac{100}{3,6} \right)^2 = 2167,97 \text{ Н};$$

где k_w – коэффициент сопротивления воздуха, может быть найден по формуле (5);

A_l – площадь Миделя. В качестве площади Миделя принимают лобовую площадь автомобиля A_l , равную площади проекции автомобиля на плоскость, перпендикулярную продольной оси. Приближенное значение лобовой площади автомобиля можно вычислить по формуле (6):

$$k_w = 0,5 \cdot c_x \cdot \rho_{\text{воз}}, \quad (5)$$

где c_x – коэффициент обтекаемости;

$$A_d = \alpha_d \cdot B_{\max} \cdot H_{\max}, \quad (6)$$

где α_d – коэффициент заполнения площади;

B_{\max} и H_{\max} – наибольшие ширина и высота автомобиля соответственно.

$$k_w = 0,5 \cdot 0,9 \cdot 1,25 = 0,5625;$$

$$A_d = 0,75 \cdot 2,775 \cdot 2,4 = 4,99 \text{ м}^2$$

При расчетах стоит учитывать, что коэффициент сопротивления качению возрастает с увеличением скорости движения автомобиля согласно эмпирической зависимости:

$$f = f_0 \cdot \left(1 + (0,0216 \cdot v)^2\right), \quad (7)$$

$$f = 0,007 \cdot \left(1 + (0,0216 \cdot 27,7)^2\right) = 0,00952.$$

где $\delta_{n.m}$ – коэффициент приведенной массы, учитывающий неравномерность вращения и моменты инерции вращающихся деталей трансмиссии, а так же инерцию поступательных масс. Зачастую при расчете значения моментов инерции J_d , $J_{тр}$, $J_{к.ш.}$, $J_{к.в.}$, неизвестны, тогда $\delta_{n.m}$ определяют по эмпирической зависимости:

$$\delta_{n.m} = 1 + \left(\delta_1 + \delta_2 \cdot u_{к.п}^2\right) \cdot \frac{m_a + m_{np}}{m_a}, \quad (8)$$

где $\delta_1 = 0,03 - 0,05$, $\delta_2 = 0,04 - 0,06$;

$u_{к.п}$ – передаточное отношение коробки передач на включенной передаче;

m_a – масса автомобиля;

m_{np} – масса прицепа.

$$\delta_{n.m} = 1 + (0,04 + 0,05 \cdot 1) \cdot \frac{8700 + 0}{8700} = 1,09.$$

$$P_k = 2167,97 + 0 + 812,5 = 2980,47 \text{ Н.}$$

Далее рассчитываем потребную мощность:

$$N_e = \frac{P_{k \max} \cdot v}{1000 \cdot \eta_{mp}}, \quad (9)$$

$$N_e = \frac{2980,47 \cdot 27,7}{1000 \cdot 0,93} = 89,02 \text{ кВт.}$$

2.1.1 Режим максимального дорожного сопротивления

Для данного режима считаем, что полностью груженный автомобиль движется по наиболее плохому дорожному покрытию (которое может встречаться в стационарных эксплуатационных режимах) при уклоне дороги не более 30% с минимальной скоростью при следующих условиях: $m=8700$ кг, $v=10$ км/ч, $f_0=0,1$, $\alpha=13,5$, 1 передача, $u_{к.н.}=6,555$, $j_a=0,5$.

$$f = f_0 \cdot (1 + (0,0216 \cdot v)^2),$$

$$f = 0,1 \cdot (1 + (0,0216 \cdot 2,7)^2) = 0,1,$$

$$\delta_{n.m} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot u_{к.н.}^2) \cdot \frac{m_a + m_{np}}{m_a},$$

$$\delta_{n.m} = 1 + (0,04 + 0,05 \cdot 6,555^2) \cdot \frac{8700 + 0}{8700} = 3,19,$$

$$P_\psi = m_n \cdot g \cdot (f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha), \quad (10)$$

$$P_\psi = 8700 \cdot 9,81 \cdot (0,1 \cdot 0,972 + 0,233) = 28252,62 \text{ Н}$$

$$P_j = m_n \cdot j_a \cdot \delta_{n.m},$$

$$P_j = 8700 \cdot 0,5 \cdot 3,19 = 13869,54 \text{ Н},$$

$$P_w = k_w \cdot A_a \cdot v^2,$$

$$P_w = 0,5625 \cdot 4,995 \cdot 2,7^2 = 21,68 \text{ Н},$$

$$P_k = P_\psi + P_j + P_w,$$

$$P_k = 28342,25 + 13869,54 + 21,68 = 42143,85 \text{ Н},$$

$$N_e = \frac{P_{k \max} \cdot v}{1000 \cdot \eta_{mp}},$$

$$N_e = \frac{42143,85 \cdot 2,7}{1000 \cdot 0,93} = 125,88 \text{ кВт}.$$

2.1.2 Режим максимального ускорения

Режим рассчитывается для обеспечения возможности быстрых обгонов и высоких показателей разгона при следующих условиях: $m=8700$ кг, $v=40$ км/ч, $f_0=0,007$, $\alpha=0$, 5 передача, $u_{к.н.}=1$, $j_a=1,1$.

$$f = f_0 \cdot \left(1 + (0,0216 \cdot v)^2\right),$$

$$f = 0,007 \cdot \left(1 + (0,0216 \cdot 11,1)^2\right) = 0,0074,$$

$$\delta_{n.m} = 1 + \left(\delta_1 + \delta_2 \cdot u_{к.н.}^2\right) \cdot \frac{m_a + m_{np}}{m_a},$$

$$\delta_{n.m} = 1 + (0,04 + 0,05 \cdot 1^2) \cdot \frac{8700 + 0}{8700} = 1,09,$$

$$P_\psi = m_n \cdot g \cdot (f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha),$$

$$P_\psi = 8700 \cdot 9,81 \cdot (0,1 \cdot 0,0074 \cdot 1 + 0) = 631,84 \text{ Н}$$

$$P_j = m_n \cdot j_a \cdot \delta_{n.m},$$

$$P_j = 8700 \cdot 1,1 \cdot 1,09 = 10431,3 \text{ Н},$$

$$P_w = k_w \cdot A_a \cdot v^2,$$

$$P_w = 0,5625 \cdot 4,995 \cdot 11,1^2 = 346,87 \text{ Н},$$

$$P_k = P_\psi + P_j + P_w,$$

$$P_k = 203,26 + 1184 + 119,9 = 11410,01 \text{ Н},$$

$$N_e = \frac{P_{k \max} \cdot v}{1000 \cdot \eta_{mp}},$$

$$N_e = \frac{9990,02 \cdot 16,6}{1000 \cdot 0,93} = 136,32 \text{ кВт}.$$

2.1.3 Средний режим

Для данного расчетного режима выбирается «крейсерская» скорость, полная нагрузка, удовлетворительное асфальтобетонное покрытие с небольшим уклоном (может учитываться ускорение) при следующих условиях: $m=8700$ кг, $v=50$ км/ч, $f_0=0,07$, $\alpha=2$, 4 передача, $u_{к.н.}=1,442$, $j_a=0,3$.

$$f = f_0 \cdot (1 + (0,0216 \cdot v)^2),$$

$$f = 0,007 \cdot (1 + (0,0216 \cdot 13,8)^2) = 0,0218,$$

$$\delta_{н.м} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot u_{к.н.}^2) \cdot \frac{m_a + m_{np}}{m_a},$$

$$\delta_{н.м} = 1 + (0,04 + 0,05 \cdot 1,442^2) \cdot \frac{8700 + 0}{8700} = 1,14,$$

$$P_\psi = m_n \cdot g \cdot (f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha),$$

$$P_\psi = 8700 \cdot 9,81 \cdot (0,0218 \cdot 0,996 + 0,008) = 4838 \text{ Н}$$

$$P_j = m_n \cdot j_a \cdot \delta_{н.м},$$

$$P_j = 8700 \cdot 0,3 \cdot 1,14 = 2985,76 \text{ Н},$$

$$P_w = k_w \cdot A_a \cdot v^2,$$

$$P_w = 0,5625 \cdot 4,995 \cdot 13,8^2 = 541,99 \text{ Н},$$

$$P_k = P_\psi + P_j + P_w,$$

$$P_k = 4838 + 2985,76 + 541,99 = 8365,75 \text{ Н},$$

$$N_e = \frac{P_{k \max} \cdot v}{1000 \cdot \eta_{mp}},$$

$$N_e = \frac{8365,75 \cdot 13,8}{1000 \cdot 0,93} = 124,94 \text{ кВт}.$$

Выбираем режим с максимальной мощностью: $N_e = 136,32 \text{ кВт}$.

Полученную максимальную силу тяги необходимо проверить по условию сцепления.

$$P_{k \max} \leq P_\varphi, \quad (11)$$

где P_φ – максимально реализуемая сцепная сила.

$$P_\varphi = G_{cy} \cdot \varphi, \quad (12)$$

где G_{cy} – сцепной вес автомобиля – вес, приходящийся на ведущие оси;

φ – коэффициент сцепления.

$$P_\varphi = 5500 \cdot 9,81 \cdot 0,9 = 48559,5 \text{ Н},$$

$42143,85 \text{ Н} \leq 48559,5 \text{ Н}$ – условие выполняется.

$$N_{ос} = \frac{P_{k \max} \cdot v}{1000 \cdot \eta_{mp}},$$

$$N_{ос} = \frac{42143,85 \cdot 11,11}{1000 \cdot 0,93} = 136,32 \text{ кВт}.$$

По условию сцепления двигатель, используемый прототипом, удовлетворяет заданным условиям, так как мощность двигателя по паспорту транспортного средства равна 140 кВт, а по условиям сцепления можно реализовать 136,32 кВт.

Максимальная тяга не превышает максимальной касательной силы, реализуемой по условиям сцепления.

2.2 Выбор двигателя и его характеристики

Рассмотрим 3 варианта двигателей мощностью более 140 кВт (таблица 2).

Таблица 2 – Варианты двигателей

ДВС	n , об/мин	N_e , кВт	g_e , г/кВт·ч	M_e , Н·м
Cummins QSB 6.7	2100	147	198	745
Д-260.4	2150	155	255	807
ЯМЗ-5430	2300	140	215	700

Выбираем двигатель отечественного производства ЯМЗ-5430 по соображениям простоты конструкции, ремонтпригодности, неприхотливости, стоимости. Двигатель четырехтактный, с непосредственным впрыском топлива в цилиндр, рядный, с верхним расположением распределительного вала.

Для построения кривой мощности воспользуемся следующими формулами:

Мощность двигателя:

$$N_e = N_{e \max} \cdot \left[a \cdot \left(\frac{n_p}{n_N} \right) + b \cdot \left(\frac{n_p}{n_N} \right)^2 + c \cdot \left(\frac{n_p}{n_N} \right)^3 \right], \quad (13)$$

где n_p – расчетная частота вращения;

n_N – частота вращения при максимальной мощности;

a, b, c – коэффициенты, рассчитываемые по формулам:

$$a = \frac{k_M \cdot k_\omega \cdot (2 - k_\omega) - 1}{k_\omega \cdot (2 - k_\omega) - 1}, \quad (14)$$

где k_ω – коэффициент приспособляемости по частоте вращения,

$$k_\omega = \frac{n_N}{n_M}, \quad (15)$$

где n_N – частота вращения при максимальной мощности;

n_M – частота вращения при максимальном моменте;

$$k_\omega = \frac{2300}{1500} = 1,533,$$

k_M – коэффициент приспособляемости по моменту,

$$k_M = \frac{M_e}{M_N},$$

где M_e – максимальный момент двигателя;

$$M_e = M_p \cdot \left[a + b \cdot \left(\frac{n_p}{n_N} \right) + c \left(\frac{n_p}{n_N} \right)^2 \right],$$

$$M_e = 581,55 \cdot \left[0,444 + 2,381 \cdot \left(\frac{1000}{2300} \right) - 1,826 \cdot \left(\frac{1000}{2300} \right)^2 \right] = 659,82 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

M_N – момент при максимальной мощности,

$$M_N = 9554 \cdot \frac{N_e}{n_N},$$

$$M_N = 9554 \cdot \frac{140}{1500} = 581,55 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$k_M = \frac{710}{581,55} = 1,221,$$

$$a = \frac{1,221 \cdot 1,533 \cdot (2 - 1,533) - 1}{1,533 \cdot (2 - 1,533) - 1} = 0,444,$$

$$b = -\frac{2k_\omega \cdot (k_M - 1)}{k_\omega \cdot (2 - k_\omega) - 1}, \quad (16)$$

$$b = -\frac{2 \cdot 1,533 \cdot (1,221 - 1)}{1,533 \cdot (2 - 1,533) - 1} = 2,381,$$

$$c = \frac{k_\omega^2 \cdot (k_M - 1)}{k_\omega \cdot (2 - k_\omega) - 1}, \quad (17)$$

$$c = \frac{1,533^2 \cdot (1,221 - 1)}{1,533 \cdot (2 - 1,533) - 1} = -1,826.$$

Результаты последующих расчетов приведены в таблице 3.

Определяем удельный расход топлива (г/кВт·ч.):

$$g_e = g_N \cdot k_H \cdot k_e, \quad (18)$$

где g_N – удельный расход топлива при максимальной мощности;

$$g_N = (1,05 \dots 1,1) \cdot g_{e \min}, \quad (19)$$

где g_{\min} – минимальный удельный расход топлива;

$$g_N = 1,09 \cdot 197 = 214,73 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч}$$

k_H – коэффициент, учитывающий зависимость g_e от уровня нагрузки двигателя, принимается равным 1;

k_e – коэффициент, учитывающий зависимость g_e от скоростного режима двигателя.

$$k_e = 1,25 - 0,99 \cdot E + 0,98 \cdot E^2 - 0,24 \cdot E^3, \quad (20)$$

где E – коэффициент использования угловой скорости вала двигателя:

$$E = \frac{n_e}{n}, \quad (21)$$

$$E = \frac{1000}{2300} = 0,435,$$

$$k_e = 1,25 - 0,99 \cdot 0,435 + 0,98 \cdot 0,435^2 - 0,24 \cdot 0,435^3 = 0,985,$$

$$g_e = 214,7 \cdot 1 \cdot 0,985 = 211,53 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч. при 1000 оборотах.}$$

Результаты последующих расчетов приведены в таблице 3.

Часовой расход топлива (кг/ч) находим по формуле:

$$G_T = \frac{(g_e \cdot N_e)}{1000}, \quad (22)$$

$$G_T = \frac{(211,53 \cdot 69,06)}{1000} = 19,86 \text{ кг/ч.}$$

Результаты последующих расчетов приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Рассчитанные значения внешней скоростной характеристики

n_e , об/мин	N_e , л.с.	N_e , кВт	M_e , Н·м	E	k_e	g_e , г/кВт·ч	G_T , кг/ч
100	4,5057	3,3140	316,6152	0,0435	1,2088	259,5633	0,8602
200	10,5538	7,7623	370,8060	0,0870	1,1712	251,4844	1,9521
300	17,9729	13,2190	420,9826	0,1304	1,1370	244,1501	3,2274
400	26,5916	19,5581	467,1451	0,1739	1,1062	237,5353	4,6457
500	36,2385	26,6534	509,2935	0,2174	1,0786	231,6144	6,1733
600	46,7423	34,3790	547,4277	0,2609	1,0542	226,3620	7,7821

700	57,9316	42,6087	581,5478	0,3043	1,0327	221,7527	9,4486
-----	---------	---------	----------	--------	--------	----------	--------

Продолжение таблицы 3

n_e , об/мин	N_e , л.с.	N_e , кВт	M_e , Н·м	E	k_e	g_e , г/кВт·ч	G_T , кг/ч
800	69,6351	51,2166	611,6538	0,3478	1,0141	217,7611	11,1530
900	81,6812	60,0765	637,7457	0,3913	0,9983	214,3619	12,8781
1000	93,8988	69,0625	659,8234	0,4348	0,9851	211,5294	14,6088
1100	106,1163	78,0485	677,8870	0,4783	0,9744	209,2385	16,3308
1200	118,1625	86,9085	691,9364	0,5217	0,9662	207,4636	18,0303
1300	129,8659	95,5164	701,9717	0,5652	0,9602	206,1793	19,6935
1400	141,0553	103,7461	707,9929	0,6087	0,9564	205,3602	21,3053
1500	151,5591	111,4716	710,0000	0,6522	0,9546	204,9809	22,8496
1600	161,2060	118,5670	707,9929	0,6957	0,9548	205,0161	24,3081
1700	169,8247	124,9060	701,9717	0,7391	0,9567	205,4402	25,6607
1800	177,2438	130,3627	691,9364	0,7826	0,9604	206,2278	26,8844
1900	183,2919	134,8111	677,8870	0,8261	0,9656	207,3536	27,9536
2000	187,7976	138,1251	659,8234	0,8696	0,9723	208,7921	28,8394
2100	190,5896	140,1786	637,7457	0,9130	0,9804	210,5180	29,5101
2200	191,4964	140,8455	611,6538	0,9565	0,9896	212,5058	29,9305
2300	190,3468	140,0000	581,5478	1,0000	1,0000	214,7300	30,0622

График внешней скоростной характеристики представлен на рисунке 1.

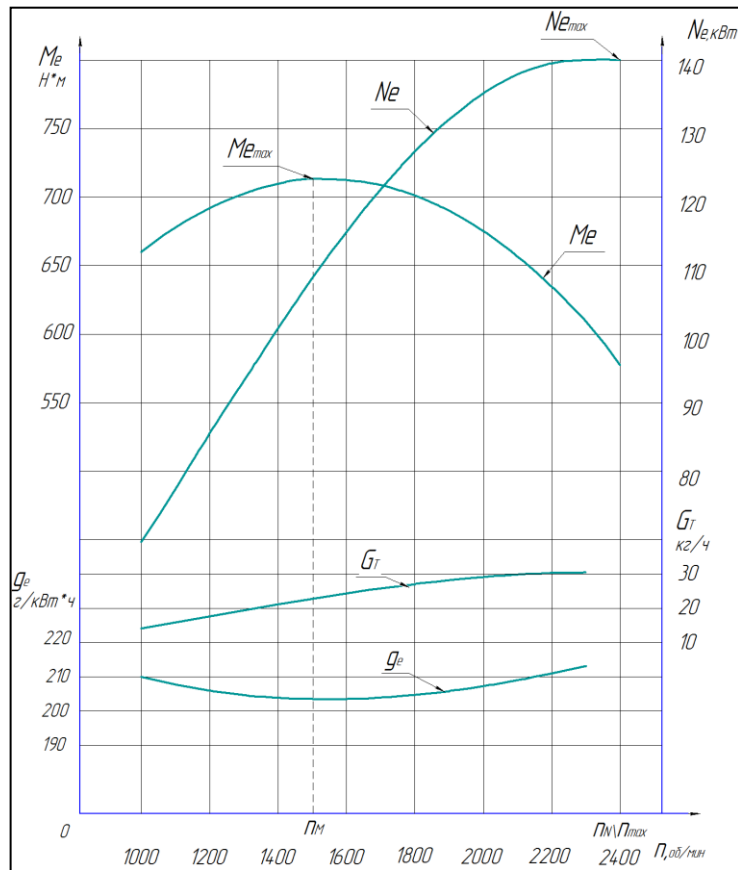


Рисунок 1 – График внешней скоростной характеристики

2.3 Определение передаточных чисел трансмиссии

В общем случае в трансмиссию могут входить коробка передач, раздаточная коробка и главная передача. При вычислении $u_{тр.в.}$, необходимо учесть их передаточные числа:

$$u_{тр.в.} = u_{в.кп} \cdot u_0. \quad (23)$$

Значение кинематической скорости обычно принимают равной максимальной скорости, при которой определяется мощность двигателя. Следует, однако, иметь в виду, что скорости различны. Из формулы видно, что зависит от принятых постоянных параметров двигателя и трансмиссии, следовательно, $v_{k \max} = const$. Скорость же v_{\max} переменна, так как ее значение зависит от дорожных условий и нагрузки автомобиля.

$$v_{k \max} = \frac{\pi n_N r_k}{30 \cdot u_{тр.в.}}. \quad (24)$$

Определим передаточное число главной передачи из условия обеспечения максимальной скорости:

$$u_0 = \frac{\pi n_N r_k}{30 \cdot u_{в.кп} \cdot v_{k \max}}, \quad (25)$$
$$u_0 = \frac{3,141 \cdot 2300 \cdot 0,398}{30 \cdot 1 \cdot 27,78} = 3,45.$$

Передаточное число низшей ступени коробки передач определяют исходя из обеспечения трех условий:

– преодоление максимального дорожного сопротивления,

- определяемого коэффициентом суммарного дорожного сопротивления ψ_{max} (принимаем 0,35);
- предотвращение буксования ведущих колес при заданном значении коэффициента сцепления φ_x (принимаем 0,8);
 - возможность движения с заданной минимальной устойчивой скоростью v_{min} для маневрирования в стесненных условиях (принимаем 5 км/ч).

Запишем данные условия в виде уравнений:

$$u_{mp.\psi} \geq \frac{m_a \cdot g \cdot \psi_{max} \cdot r_k}{M_e \cdot (1 - k_{e.o}) \cdot \eta_{mp.n}}, \quad (26)$$

где $k_{e.o}$ – коэффициент отбора мощности на привод вспомогательного оборудования двигателя.

$$u_{mp.\psi} \geq \frac{8700 \cdot 9,81 \cdot 0,35 \cdot 0,398}{710 \cdot (1 - 0,1) \cdot 0,93} = 19,99,$$

$$u_{mp.\psi} \leq \frac{\varphi_x \cdot R_z \cdot r_k}{M_e \cdot (1 - k_{e.o}) \cdot \eta_{mp.n}}, \quad (27)$$

$$u_{mp.\psi} \leq \frac{0,9 \cdot 53955 \cdot 0,398}{710 \cdot (1 - 0,1) \cdot 0,93} = 32,5,$$

$$u_{mp.v} \leq \frac{\pi \cdot n_{min} \cdot r_k}{30 \cdot u_{min}}, \quad (28)$$

$$u_{mp.v} \leq \frac{3,141 \cdot 700 \cdot 0,0398}{30 \cdot 1,39} = 20,99.$$

Из полученных значений по трем условиям необходимо выбрать передаточное число трансмиссии на низших передачах.

$$\begin{cases} u_{mp.n} \leq u_{mp\phi} \\ u_{mp.n} \geq u_{mp.\psi}, \\ u_{mp.n} \geq u_{mp.v} \end{cases} \quad (29)$$

Принимаем $u_{mp.n}=26$.

$$u_{к.п.н} = \frac{u_{mp.n}}{u_0}, \quad (30)$$

$$u_{к.п.н} = \frac{26}{3,45} = 7,54.$$

Далее переходим к определению количества ступеней КПП.

Отношение передаточных чисел низшей $u_{mp.n}$ и высшей $u_{mp.v}$ ступеней трансмиссии называют диапазоном передаточных чисел трансмиссии:

$$D_{mp} = \frac{u_{mp.n}}{u_{mp.v}} = \frac{u_{mp.n}}{u_{к.п.в} \cdot u_0}, \quad (31)$$

$$D_{mp} = \frac{26}{3,35} = 7,54.$$

Формула для определения количества ступеней коробки передач:

$$n_{к.п.} = 1 + \frac{\ln D_{кп}}{\ln q} = 1 + \frac{\ln u_{кпн} - \ln u_{кпв}}{\ln q}, \quad (32)$$

где q – плотность ряда передач, принимаем равной 1,66.

$$n_{к.п.} = 1 + \frac{2,02 - 0}{0,507} \approx 5.$$

Далее уточняем значение $q_{ср}$:

$$q_{cp} = \sqrt[n_{кп}]{D_{кп}} = \sqrt[n_{кп}]{\frac{u_{кпн}}{u_{кпв}}}, \quad (33)$$

$$q_{cp} = \sqrt[5]{7,54} = 1,657.$$

Передаточные числа промежуточных ступеней коробки передач вычисляются по формуле:

$$u_{кпi} = u_{кпi+1} \cdot q_{cp}. \quad (34)$$

Результаты расчета сводим в таблицу 4.

Таблица 4 – Передаточные числа КП

u_0	$u_{кп.1}$	$u_{кп.2}$	$u_{кп.3}$	$u_{кп.4}$	$u_{кп.5}$
3,45	7,54	4,55	2,75	1,66	1

2.4 Построение тяговой характеристики

«Тяговым называют режим, при котором энергия передается от двигателя к ведущим колесам. Выполняя транспортную работу, водитель выбирает скорость движения исходя из эксплуатационных условий. Этот выбор ограничен диапазоном скоростей от максимальной, определяемой максимальной мощностью двигателя или сцеплением ведущих колес с дорогой, до минимальной по условиям устойчивой работы двигателя» [16].

Тяговые возможности автомобиля характеризует свободная сила тяги на колесах. Графическая зависимость свободной силы тяги на ведущих колесах от скорости ТС называется тяговой характеристикой: $P_a = f(v_a)$.

Скорость движения автомобиля в км/ч на каждой из передач может быть найдена по формуле:

$$v_a = \frac{3,6 \cdot \pi \cdot r_k \cdot n_e}{30 \cdot u_{mp}}, \quad (35)$$

где u_{mp} – общее передаточное число трансмиссии на каждой передаче в коробке передач.

«Значение свободной силы тяги P_a на всех передачах вычисляется по формуле:

$$P_a = P_k - P_w, \quad (36)$$

где P_k – касательная сила тяги на ведущих колеса автомобиля, соответствующая принятым ранее числам оборотов коленчатого вала двигателя;

P_w – сила сопротивления воздуха» [17].

«Значение касательной силы тяги P_k на различных передачах определяют из следующей зависимости:

$$P_k = \frac{M_e \cdot \eta_{mp} \cdot u_{mp}}{r_k}, \quad (37)$$

где M_e – текущее значение крутящего момента, соответствующее выбранным частотам вращения коленчатого вала двигателя» [17].

Произведем расчет касательной силы на 1 передаче при максимальном моменте:

$$v_a = 0,377 \cdot \frac{0,398 \cdot 1500}{3,45 \cdot 7,54} = 8,65 \text{ км/ч,}$$

$$P_k = \frac{710 \cdot 0,93 \cdot 3,45 \cdot 7,54}{0,398} = 43166,4 \text{ Н,}$$

$$P_w = 0,5625 \cdot 4,995 \cdot \left(\frac{8,65}{3,6}\right)^2 = 16,2 \text{ Н,}$$

$$P_a = 43166 - 16,2 = 43150,2 \text{ Н.}$$

2.5 Построение динамической характеристики

«Динамический фактор – это безразмерная величина, характеризующая потенциальные возможности автомобиля по преодолению дорожных сопротивлений или сообщению ему ускорения в данных дорожных условиях. Следовательно, динамический фактор характеризует тяговые и скоростные свойства автомобиля» [18].

Динамический фактор зависит от конструктивных параметров автомобиля и режима его движения, вычисляется по формуле:

$$D = \frac{\frac{M_e \cdot \eta_{mp} \cdot u_{mp}}{r_k} - k_w \cdot A_a \cdot v_a^2}{m_a \cdot g}. \quad (38)$$

Из этой формулы видно, динамический фактор представляет собой отношение свободной силы тяги на колесах к весу ТС, в качестве примера расчет при M_{max} и $n_{кпп}$:

$$D = \frac{P_a}{G_a}. \quad (39)$$

При равномерном движении:

$$D = \psi = f + h. \quad (40)$$

По результатам расчетов составляют таблицу 5, учитывая массу равную 8700 кг.

Таблица 5 – Данные тяговой-динамической характеристики автомобиля

1 передача						
n , об/мин.	M_e , Н·м	v_a , км\ч	P_k , Н	P_w , Н	P_a , Н	D_a
700	581,5478	4,036782	35356,76	3,532837	35353,23	0,406359
900	637,7457	5,190148	38773,46	5,839996	38767,62	0,445605
1100	677,887	6,343514	41213,96	8,723944	41205,23	0,473623
1300	701,9717	7,496881	42678,26	12,18468	42666,07	0,490415
1500	710	8,650247	43166,36	16,22221	43150,14	0,495979
1700	701,9717	9,803613	42678,26	20,83653	42657,42	0,490315
1900	677,887	10,95698	41213,96	26,02763	41187,93	0,473424
2100	637,7457	12,11035	38773,46	31,79553	38741,66	0,445306
2300	581,5478	13,26371	35356,76	38,14022	35318,62	0,405961
2 передача						
700	581,5478	6,68916	21337,14	9,700546	21327,44	0,245143
900	637,7457	8,600348	23399,05	16,0356	23383,02	0,26877
1100	677,887	10,51154	24871,85	23,95441	24847,89	0,285608
1300	701,9717	12,42273	25755,52	33,45698	25722,07	0,295656
1500	710	14,33391	26050,08	44,54332	26005,54	0,298914
1700	701,9717	16,2451	25755,52	57,21342	25698,31	0,295383
1900	677,887	18,15629	24871,85	71,46728	24800,38	0,285062
2100	637,7457	20,06748	23399,05	87,30491	23311,75	0,267951
2300	581,5478	21,97867	21337,14	104,7263	21232,41	0,244051
3 передача						
700	581,5478	11,08429	12876,56	26,63598	12849,93	0,1477
900	637,7457	14,25123	14120,89	44,03091	14076,86	0,161803
1100	677,887	17,41817	15009,69	65,77457	14943,92	0,171769
1300	701,9717	20,58511	15542,97	91,86696	15451,11	0,177599
1500	710	23,75205	15720,73	122,3081	15598,43	0,179292
1700	701,9717	26,91899	15542,97	157,0979	15385,88	0,176849
1900	677,887	30,08593	15009,69	196,2365	14813,45	0,17027
2100	637,7457	33,25287	14120,89	239,7239	13881,16	0,159554
2300	581,5478	36,41981	12876,56	287,5599	12589	0,144701
4 передача						
700	581,5478	18,36725	7770,762	73,1377	7697,625	0,088478
900	637,7457	23,61504	8521,689	120,9011	8400,788	0,096561
1100	677,887	28,86282	9058,066	180,6053	8877,46	0,10204
1300	701,9717	34,11061	9379,892	252,2504	9127,641	0,104915
1500	710	39,35839	9487,167	335,8364	9151,33	0,105188
1700	701,9717	44,60618	9379,892	431,3632	8948,528	0,102857

1900	677,887	49,85397	9058,066	538,8308	8519,235	0,097922
2100	637,7457	55,10175	8521,689	658,2393	7863,45	0,090384
2300	581,5478	60,34954	7770,762	789,5887	6981,174	0,080243
5 передача						
700	581,5478	30,4355	4689,509	200,8232	4488,685	0,051594
900	637,7457	39,13136	5142,679	331,973	4810,706	0,055295

Продолжение таблицы 5

n , об/мин.	M_e , Н·м	v_a , км\ч	P_k , Н	P_w , Н	P_a , Н	D_a
1100	677,887	47,82721	5466,372	495,9104	4970,462	0,057132
1300	701,9717	56,52307	5660,588	692,6351	4967,953	0,057103
1500	710	65,21893	5725,326	922,1474	4803,179	0,055209
1700	701,9717	73,91478	5660,588	1184,447	4476,141	0,05145
1900	677,887	82,61064	5466,372	1479,534	3986,838	0,045826
2100	637,7457	91,3065	5142,679	1807,409	3335,27	0,038336
2300	581,5478	100,0024	4689,509	2168,071	2521,438	0,028982

На рисунке 2 представлен график тягово-динамической характеристики.

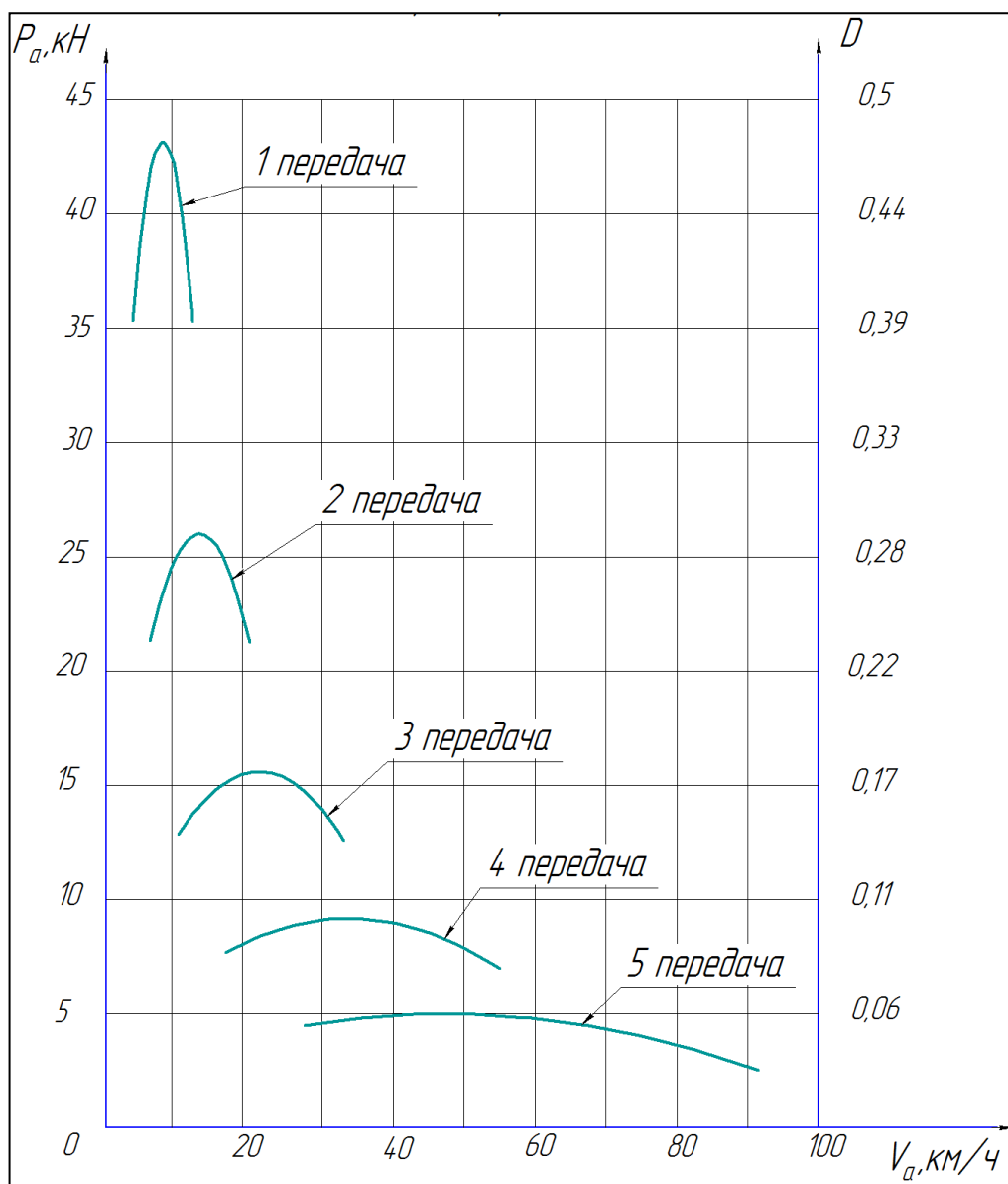


Рисунок 2 – График тягово-динамической характеристики
2.6 Построение и расчет скоростных характеристик

Построение характеристики ускорений.

Для достижения высокой средней скорости автомобиль должен обладать высокими показателями приемистости. Приемистость оценивается временем разгона до заданной скорости, на заданном пути и на высшей передаче.

Максимально-возможное ускорение, исходя из уравнения движения автомобиля, может быть найдено по формуле:

$$j = \frac{D - \psi}{\delta_{nm}} \cdot g, \quad (41)$$

где δ_{nm} – коэффициент учета вращающихся масс,

$$\delta = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot u_{к.п}^2) \cdot \frac{m_a + m_{np}}{m_a}, \quad (42)$$

ψ – суммарный коэффициент дорожных сопротивлений:

$$\psi = f \cdot \left(1 + \left(0,0216 \cdot \frac{v_a}{3,6} \right)^2 \right), \quad (43)$$

$$\psi = 0,00952 \cdot \left(1 + \left(0,0216 \cdot \frac{12}{3,6} \right)^2 \right) = 0,00957.$$

Будем считать, что характеристики разгона строятся для условий, при которых $f=0,00952$.

Рассчитаем значение δ на I-ой передаче:

$$\delta_I = 1 + (0,04 + 0,05 \cdot 7,54^2) = 3,88.$$

Остальные значения δ на других передачах рассчитываем аналогично приведенному выше примеру.

$$\delta_{II} = 1 + (0,04 + 0,05 \cdot 4,55^2) = 2,07,$$

$$\delta_{III} = 1 + (0,04 + 0,05 \cdot 2,75^2) = 1,42,$$

$$\delta_{IV} = 1 + (0,04 + 0,05 \cdot 1,66^2) = 1,18,$$

$$\delta_V = 1 + (0,04 + 0,05 \cdot 1^2) = 1,09.$$

Рассчитываем далее и результаты расчета сводим в таблицу 6.

Таблица 6 – Характеристики ускорения автомобиля

n , об/мин	V_a , км/ч	j_a	D_a	ψ
1 передача				
700	4,036782	1,001734	0,406359	0,009526
900	5,190148	1,100793	0,445605	0,009529
1100	6,343514	1,17151	0,473623	0,009534
1300	7,496881	1,213882	0,490415	0,009539
1500	8,650247	1,227911	0,495979	0,009546
1700	9,803613	1,213597	0,490315	0,009553
1900	10,95698	1,170938	0,473424	0,009561
2100	12,11035	1,099937	0,445306	0,00957
2300	13,26371	1,000591	0,405961	0,00958
2 передача				
700	6,68916	1,112689	0,245143	0,009535
900	8,600348	1,224225	0,26877	0,009545
1100	10,51154	1,303684	0,285608	0,009558
1300	12,42273	1,351066	0,295656	0,009573
1500	14,33391	1,366371	0,298914	0,00959
1700	16,2451	1,349599	0,295383	0,00961
1900	18,15629	1,30075	0,285062	0,009633
2100	20,06748	1,219824	0,267951	0,009658
2300	21,97867	1,106821	0,244051	0,009686
3 передача				
700	11,08429	0,955382	0,1477	0,009562
900	14,25123	1,052727	0,161803	0,00959
1100	17,41817	1,121417	0,171769	0,009624
1300	20,58511	1,161451	0,177599	0,009665
1500	23,75205	1,17283	0,179292	0,009713
1700	26,91899	1,155553	0,176849	0,009768
1900	30,08593	1,10962	0,17027	0,00983
2100	33,25287	1,035031	0,159554	0,009899
2300	36,41981	0,931787	0,144701	0,009975

Продолжение таблицы 6

n , об/мин	V_a , км/ч	j_a	D_a	ψ
4 передача				
700	18,36725	0,656303	0,088478	0,009636
900	23,61504	0,722953	0,096561	0,009711
1100	28,86282	0,767776	0,10204	0,009806
1300	34,11061	0,790771	0,104915	0,009919
1500	39,35839	0,791937	0,105188	0,010051
1700	44,60618	0,771276	0,102857	0,010202
1900	49,85397	0,728787	0,097922	0,010372
2100	55,10175	0,66447	0,090384	0,010561
2300	60,34954	0,578325	0,080243	0,010768
5 передача				
700	30,4355	0,375426	0,051594	0,009837
900	39,13136	0,406841	0,055295	0,010045
1100	47,82721	0,421021	0,057132	0,010304

1300	56,52307	0,417965	0,057103	0,010615
1500	65,21893	0,397675	0,055209	0,010978
1700	73,91478	0,294574	0,05145	0,011392
1900	82,61064	0,218203	0,045826	0,011859
2100	91,3065	0,161632	0,038336	0,012377
2300	100,0024	0,119727	0,028982	0,012947

На основании данных из таблицы 6 строим график ускорений на рисунке 3.

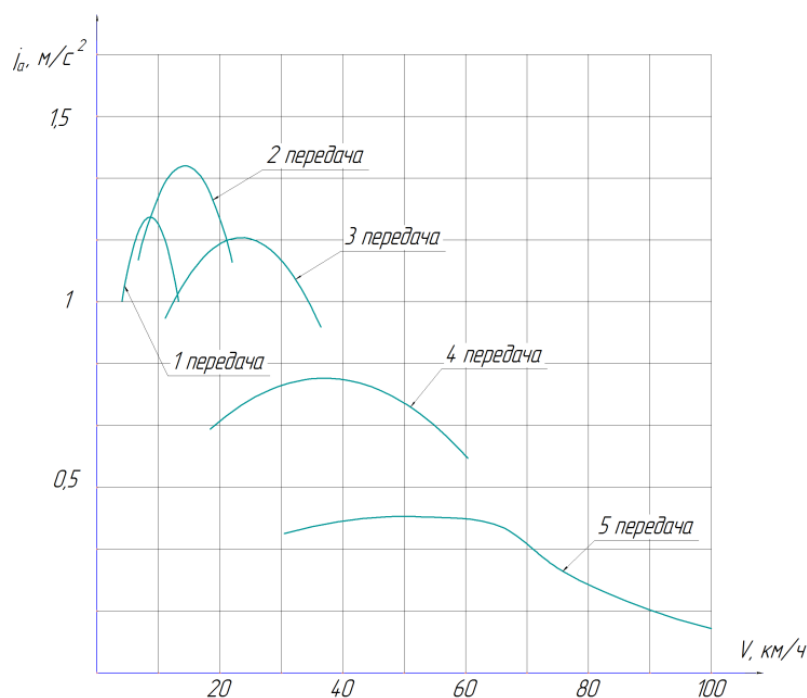


Рисунок 3 – График ускорений

2.7 Построение характеристик разгона

Характеристика разгона автомобиля – это зависимость скорости автомобиля от времени и пройденного пути при максимально возможной подаче топлива. Переключение передач осуществляется таким образом, чтобы развить максимальную скорость за минимально возможный отрезок времени.

«Динамическая характеристика и характеристика ускорений используется для получения характеристик ускорения, позволяющих определить время, скорость и путь разгона и построить графики $v=f(t)$ и

$v=f(s)$.

Разгон начинают на передаче, предназначенной для трогания с места, при минимальной устойчивой скорости движения v_{min} , а заканчивают при v_{max} или при $j=0$. Полагают, что ускорение в каждом интервале изменения скорости постоянно» [19].

Время разгона на этом интервале:

$$\Delta t_i = \frac{\Delta v_i}{j_{cpi} \cdot 3,6}. \quad (44)$$

В качестве исходных данных для расчета используют данные из таблицы 6 ускорений, рассчитанных ранее. Кривая ускорений для каждой передачи разбивается на несколько интервалов, и принимается допущение, что в каждом интервале движение происходит с постоянным ускорением:

$$j_{cpi} = \frac{j_1 + j_2}{2}, \quad (45)$$

где j_1 и j_2 – соответственно величины ускорений в начале и конце выбранного интервала.

«Для достижения максимальной интенсивности разгона переключение передач происходит таким образом, что используются ускорения, максимально возможные при данной скорости» [19].

Время t_n для механических коробок на дизельном двигателе примем $t_n=3$ с. За время переключения происходит падение скорости на время равное:

$$\Delta v_i = fgt_n. \quad (46)$$

«Для получения характеристики разгона $v=f(s)$ необходимо определять приращения пути ΔS_i , проходимого автомобилем на всех интервалах изменения скорости» [19].

Путь разгона в интервале скорости ΔV определяют при помощи графика времени разгона по формуле:

$$\Delta S = \frac{v_i + v_{i+1}}{2} \cdot \frac{\Delta t}{3,6} \quad (47)$$

Результаты произведенных расчетов сводятся в таблицу 7, далее по ним строится графическое изображение характеристик разгона.

Таблица 7 – Рассчитанные значения времени и пути разгона

ΔV_I	j_{cpl}	Δt_I	ΔS_I	V_{cpl} , км/ч	V_{cpl} , м/с	t_I	S_I	n
1 передача								
1,153	1,051	0,305	0,391	4,613	1,282	0,305	0,391	900
1,153	1,136	0,282	0,452	5,767	1,602	0,587	0,843	1100
1,153	1,192	0,269	0,517	6,920	1,922	0,855	1,359	1300
1,153	1,220	0,263	0,589	8,074	2,243	1,118	1,948	1500
1,153	1,219	0,263	0,673	9,227	2,563	1,380	2,622	1700
1,153	1,190	0,269	0,776	10,380	2,883	1,649	3,398	1900
1,153	1,133	0,283	0,906	11,534	3,204	1,931	4,303	2100
1,153	1,048	0,306	1,078	12,687	3,524	2,236	5,381	2300
2 передача								
1,911	1,167	0,455	0,966	7,645	2,124	3,454	0,966	900
1,911	1,261	0,421	1,117	9,556	2,654	3,874	2,084	1100
1,911	1,323	0,401	1,278	11,467	3,185	4,274	3,362	1300
1,911	1,353	0,392	1,458	13,378	3,716	4,665	4,820	1500
1,911	1,351	0,393	1,669	15,290	4,247	5,056	6,489	1700

Продолжение таблицы 7

ΔV_I	j_{cpl}	Δt_I	ΔS_I	V_{cpl} , км/ч	V_{cpl} , м/с	t_I	S_I	n
1,911	1,316	0,403	1,927	17,201	4,778	5,457	8,416	1900
1,911	1,249	0,425	2,256	19,112	5,309	5,878	10,672	2100
1,911	1,150	0,462	2,696	21,023	5,840	6,334	13,369	2300
3 передача								
3,167	0,997	0,883	3,106	12,668	3,519	6,876	3,106	900
3,167	1,076	0,818	3,597	15,835	4,399	7,685	6,703	1100
3,167	1,125	0,782	4,127	19,002	5,278	8,456	10,829	1300
3,167	1,145	0,768	4,731	22,169	6,158	9,210	15,561	1500
3,167	1,135	0,775	5,453	25,336	7,038	9,965	21,014	1700

3,167	1,096	0,803	6,354	28,502	7,917	10,742	27,368	1900
3,167	1,027	0,856	7,533	31,669	8,797	11,563	34,902	2100
1	2	3	4	5	6	7	8	9
3,167	1,027	0,856	7,533	31,669	8,797	11,563	34,902	2100
3,167	0,929	0,947	9,164	34,836	9,677	12,457	44,066	2300
4 передача								
5,248	0,665	2,190	12,772	20,991	5,831	11,114	12,772	900
5,248	0,708	2,059	15,010	26,239	7,289	13,069	27,782	1100
5,248	0,725	2,009	17,575	31,487	8,746	14,940	45,357	1300
5,248	0,718	2,030	20,711	36,735	10,204	16,782	66,068	1500
5,248	0,686	2,124	24,774	41,982	11,662	18,647	90,842	1700
5,248	0,629	2,316	30,387	47,230	13,119	20,591	121,229	1900
5,248	0,548	2,661	38,795	52,478	14,577	22,683	160,025	2100
5,248	0,441	3,303	52,966	57,726	16,035	25,029	212,991	2300
5 передача								
8,696	0,320	6,176	59,670	34,783	9,662	18,176	59,670	900
8,696	0,303	5,836	70,479	43,479	12,078	24,011	130,149	1100
8,696	0,260	5,758	83,454	52,175	14,493	29,769	213,603	1300
8,696	0,191	5,923	100,150	60,871	16,909	35,692	313,753	1500
8,696	0,130	6,979	134,858	69,567	19,324	42,671	448,611	1700
8,696	0,097	9,421	204,816	78,263	21,740	52,092	653,427	1900
8,696	0,072	12,719	307,224	86,959	24,155	64,811	960,651	2100
8,696	0,053	17,170	456,227	95,654	26,571	81,982	1416,878	2300

На рисунке 4 представлена характеристика разгона в координатах от времени.

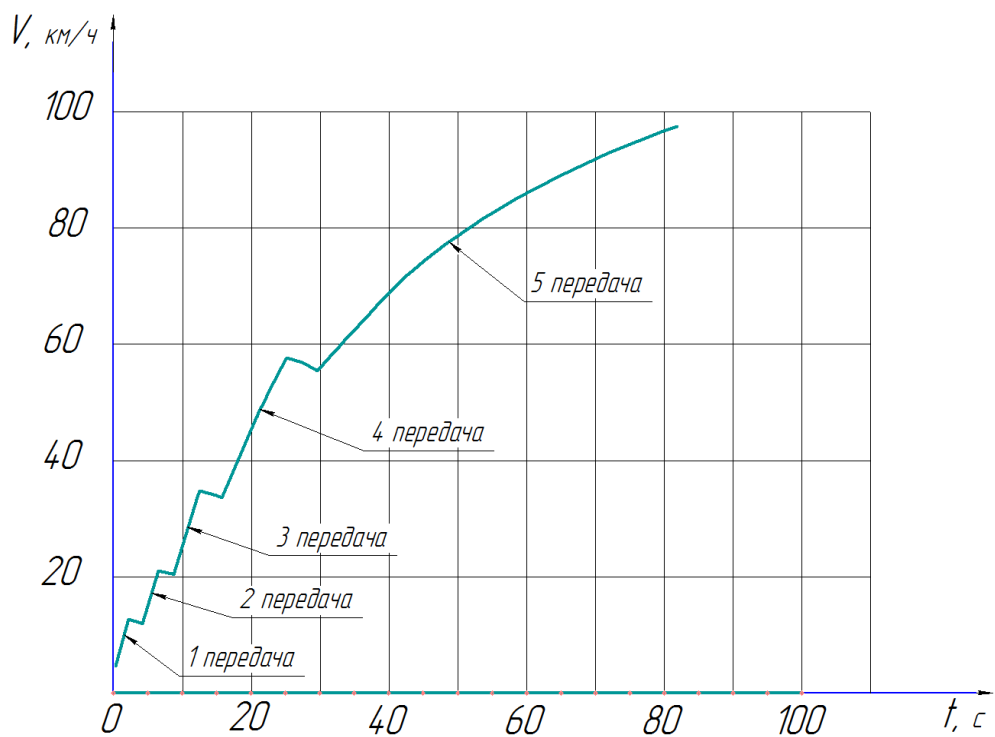


Рисунок 4 – Характеристика разгона в координатах от времени

На рисунке 5 представлена характеристика разгона в координатах от пути.

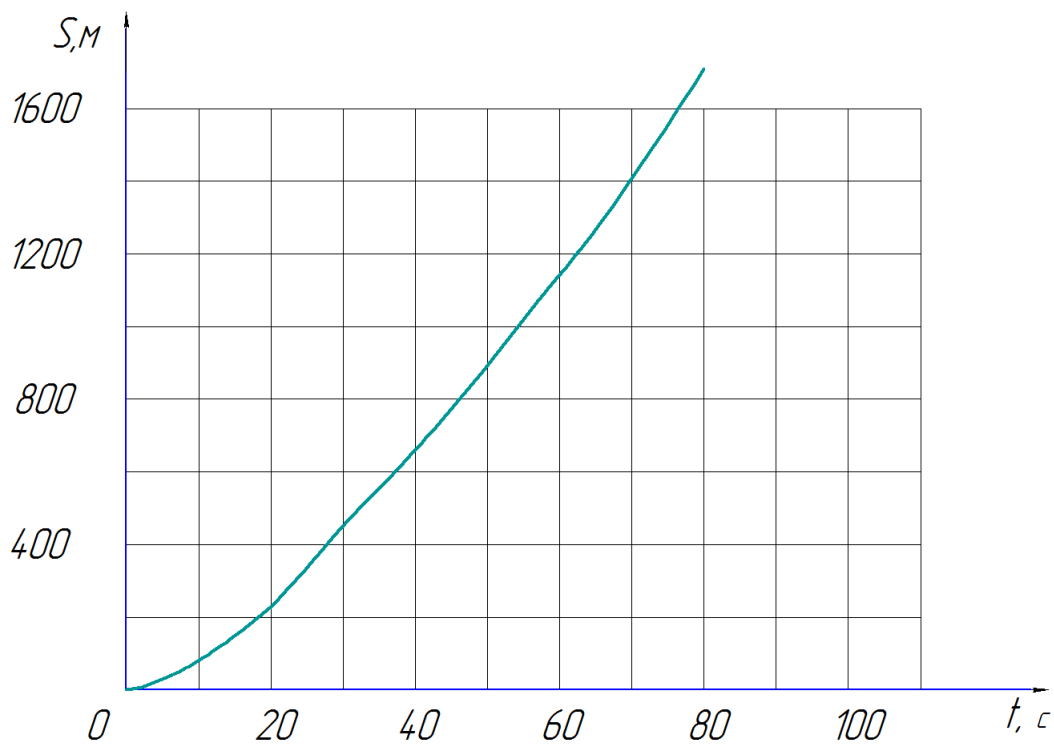


Рисунок 5 – Характеристика разгона в координатах от пути

2.8 Мощностной баланс автомобиля

«Мощностной баланс автомобиля позволяет анализировать затраты мощности на преодоление сопротивлений движению, обусловленных воздействиями внешней среды и внутренним трением в механизмах автомобиля. Эффективная мощность двигателя P_e затрачивается на привод вспомогательного оборудования двигателя и механизмов управления автомобилем, на преодоление сил трения в трансмиссии, сопротивлений движению и разгону автомобиля. Все расчеты производятся для высшей передачи» [23].

Учитывая все затраты мощности, составим уравнение мощностного баланса:

$$P_e + P_{e.o} + P_{mp} + P_f + P_h + P_w + P_j = 0 \quad (48)$$

Эффективная мощность двигателя:

$$P_e = M_e \cdot \frac{\pi n_d}{30} \quad (49)$$

Мощность, затрачиваемая на привод вспомогательного оборудования:

$$P_{e.o} = -k_{e.o} \cdot P_e \quad (50)$$

Мощность потерь на трение в трансмиссии:

$$P_{mp} = -P_e \cdot (1 - k_{e.o}) \cdot (1 - \eta_{mp}) \quad (51)$$

Мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления качению:

$$P_f = m \cdot g \cdot f \cdot V. \quad (52)$$

Мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления подъему:

$$P_h = -m \cdot g \cdot h \cdot V = -m \cdot g \cdot \sin \alpha. \quad (53)$$

Мощность на преодоления сопротивления воздуха:

$$P_w = k_w \cdot A_n \cdot v^3. \quad (54)$$

Мощность, затрачиваемая на разгон:

$$P_j = -\delta_{n.m} \cdot m_a \cdot v \cdot j. \quad (55)$$

К ведущим колесам автомобиля подводится мощность:

$$P_k = P_e \cdot (1 - k_{eo}) \cdot \eta_{mp}. \quad (56)$$

Далее все расчеты сводятся в таблицу 8 и строится график мощностного баланса автомобиля на высшей передаче (рисунок 6).

Таблица 8 – Данные для мощностного баланса на высшей передаче

Показатель	Значение								
P_w , Н	-5050,85	-6493,95	-7937,05	-9380,14	-10823,2	-12266,3	-13709,4	-15152,5	-16595,6
$P_k - P_w$	33983,22	46700,33	58770,46	69111,6	76641,75	80278,89	78941	71546,08	57012,11
P_f , Н	-5050,85	-6493,95	-7937,05	-9380,14	-10823,2	-12266,3	-13709,4	-15152,5	-16595,6
P_{w2} , Н	-1697,82	-3608,49	-6588,34	-10875	-16706	-24318,9	-33951,5	-45841,2	-60225,6
P_e , Н	42629,68	60106,11	78086,97	95563,4	111526,5	124967,5	134877,5	140247,6	140069
$P_{e.o.}$, Н	-4262,97	-6010,61	-7808,7	-9556,34	-11152,7	-12496,8	-13487,7	-14024,8	-14006,9
P_{mp} , Н	-2685,67	-3786,69	-4919,48	-6020,49	-7026,17	-7872,95	-8497,28	-8835,6	-8824,34
P_o , Н	38366,71	54095,5	70278,27	86007,06	100373,9	112470,8	121389,7	126222,8	126062,1
P_{ρ} , Н	35681,04	50308,82	65358,8	79986,57	93347,71	104597,8	112892,5	117387,2	117237,7
P_p , Н	-30098,8	-41936,6	-53042,2	-62231,3	-68319,6	-57354,7	-47483,2	-38875,1	-31538,9
V км/ч	30,44	39,13	47,83	56,52	65,22	73,91	82,61	91,31	100,00
n, об/мин	700	900	1100	1300	1500	1700	1900	2100	2300

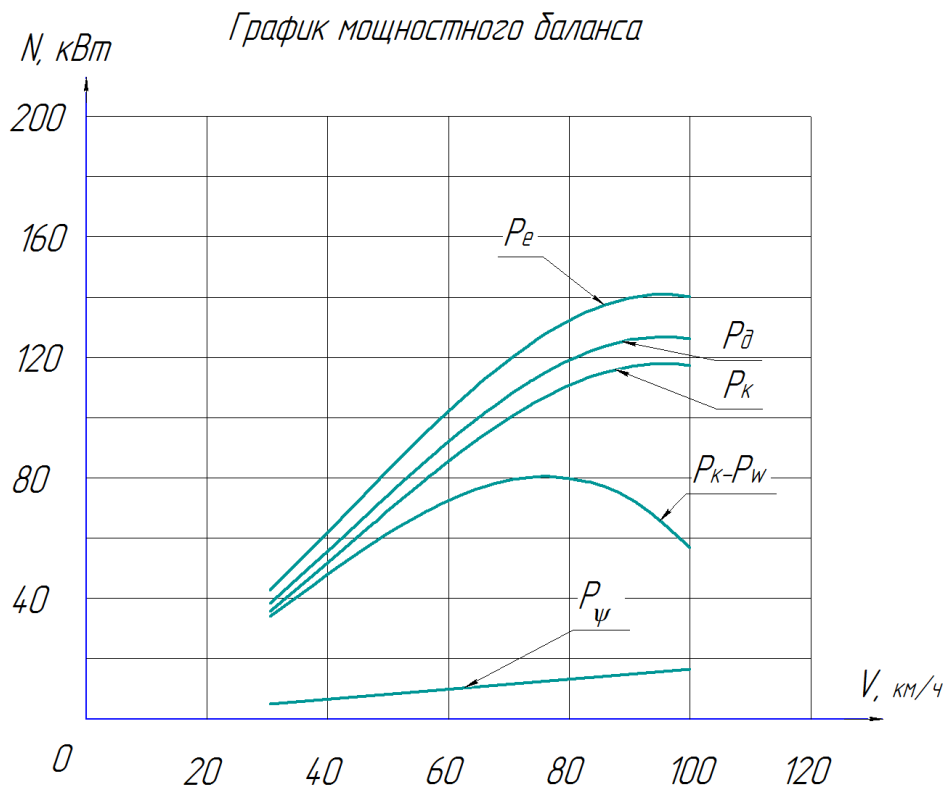


Рисунок 6 – График мощностного баланса автомобиля на высшей передаче

2.9 Построение топливной характеристики установившегося движения

«Топливная характеристика установившегося движения представляет собой график зависимости путевого расхода топлива от скорости v при установившемся движении автомобиля» [20].

Для построения топливной характеристики, рассчитаем путь расход в зависимости от режима работы двигателя:

$$Q_s = \frac{g_d \cdot P_{д.н}}{36 \cdot v \cdot \rho_T} \quad (57)$$

Удельный расход топлива зависит от нагрузки двигателя и скоростного режима.

$$g_d = g_e \cdot k_H \cdot k_E, \quad (58)$$

где k_H – коэффициент использования мощности,

k_E – коэффициент, учитывающий скоростной режим работы двигателя.

$$k_H = 1,2 + 0,14 \cdot I - 0,18 \cdot I^2 + 1,46 \cdot I^3; \quad (59)$$

$$k_E = 1,25 - 0,99 \cdot E + 0,98 \cdot E^2 - 0,24 \cdot E^3. \quad (60)$$

Коэффициентом использования мощности двигателя называют отношение мощности, необходимой для равномерного движения автомобиля в заданных условиях, к мощности, которую при этом может развивать двигатель при полной его нагрузке:

$$I = \frac{P_{д.н}}{P_e} = \frac{P_{с.о} + P_{тр} + P_f + P_h + P_w}{P_e}. \quad (61)$$

Мощность $P_{д.н}$ характеризует нагрузку двигателя:

$$P_{д.н} = P_{с.о} + P_{тр} + P_{\psi} + P_w. \quad (62)$$

Рассчитываем путевой расход для каждой передачи и вносим получившиеся значения в таблицу 9. График топливной характеристики представлен на рисунке 7.

Таблица 9 – Данные топливной характеристики автомобиля

V , м/с	$P_{д.н}$, кВт	k_E	k_H	Q_s , л/100 км	I	E	g_d
1 передача							
1,121	7622,514	1,031	1,176	57,901	0,179	0,304	261,071
1,442	10667,034	0,932	1,176	56,993	0,177	0,391	252,474
1,762	13796,271	0,869	1,177	56,247	0,177	0,478	246,499
2,082	16846,335	0,839	1,177	56,116	0,176	0,565	242,925

Продолжение таблицы 9

V, м/с	Рдн, кВт	кЕ	кИ	Qs, л/100 км	И	Е	гД
2,403	19653,335	0,841	1,177	56,874	0,176	0,652	241,517
2,723	22053,383	0,875	1,177	58,583	0,176	0,739	242,040
3,044	23882,588	0,932	1,176	60,451	0,177	0,826	244,250
3,364	24977,060	1,019	1,176	62,520	0,178	0,913	247,899
3,684	25172,908	1,147	1,175	64,725	0,180	1,000	252,732
2 передача							
1,858	8076,746	1,031	1,172	36,899	0,189	0,304	260,186
2,389	11262,854	0,932	1,173	36,202	0,187	0,391	251,685
2,920	14542,536	0,869	1,173	35,673	0,186	0,478	245,761
3,451	17753,869	0,839	1,173	35,583	0,186	0,565	242,203
3,982	20734,930	0,841	1,173	36,101	0,186	0,652	240,785
4,513	23323,799	0,875	1,173	37,271	0,187	0,739	241,268
5,043	25358,553	0,932	1,172	38,602	0,188	0,826	243,407
5,574	26677,270	1,019	1,172	40,142	0,190	0,913	246,943
6,105	27118,028	1,147	1,170	41,890	0,194	1,000	251,600
3 передача							
3,079	8870,115	1,031	1,129	23,561	0,282	0,304	250,679
3,959	12336,627	0,932	1,134	23,150	0,272	0,391	243,479
4,838	15937,007	0,869	1,138	22,879	0,265	0,478	238,333
5,718	19518,288	0,839	1,139	22,925	0,262	0,565	235,199
6,598	22927,501	0,841	1,140	23,405	0,261	0,652	233,933
7,477	26011,679	0,875	1,139	24,363	0,262	0,739	234,326
8,357	28617,855	0,932	1,137	25,503	0,266	0,826	236,121
9,237	30593,062	1,019	1,134	26,888	0,273	0,913	239,007
10,117	31784,330	1,147	1,128	28,567	0,284	1,000	242,578
4 передача							
5,102	10369,879	1,031	1,149	16,911	0,243	0,304	255,017
6,560	14509,349	0,932	1,149	16,649	0,241	0,391	246,707
8,017	18966,028	0,869	1,149	16,592	0,243	0,478	240,662
9,475	23627,691	0,839	1,147	16,856	0,247	0,565	236,712
10,933	28382,111	0,841	1,143	17,535	0,254	0,652	234,612
12,391	33117,065	0,875	1,138	18,697	0,265	0,739	234,057
13,848	37720,326	0,932	1,130	20,161	0,280	0,826	234,668
15,306	42079,670	1,019	1,119	22,034	0,300	0,913	235,950
16,764	46082,871	1,147	1,103	24,440	0,329	1,000	237,192
5 передача							
8,454	13697,306	1,031	1,108	12,999	0,321	0,304	245,918
10,870	19899,730	0,932	1,102	13,212	0,331	0,391	236,531
13,285	27253,558	0,869	1,092	13,673	0,349	0,478	228,707
15,701	35831,942	0,839	1,076	14,481	0,375	0,565	222,209
18,116	45708,032	0,841	1,056	15,737	0,410	0,652	216,638
20,532	56954,980	0,875	1,028	17,534	0,456	0,739	211,485
22,947	69645,939	0,932	0,993	19,743	0,516	0,826	206,237
25,363	83854,058	1,019	0,952	22,542	0,598	0,913	200,727
27,778	99652,491	1,147	0,914	26,432	0,711	1,000	196,568

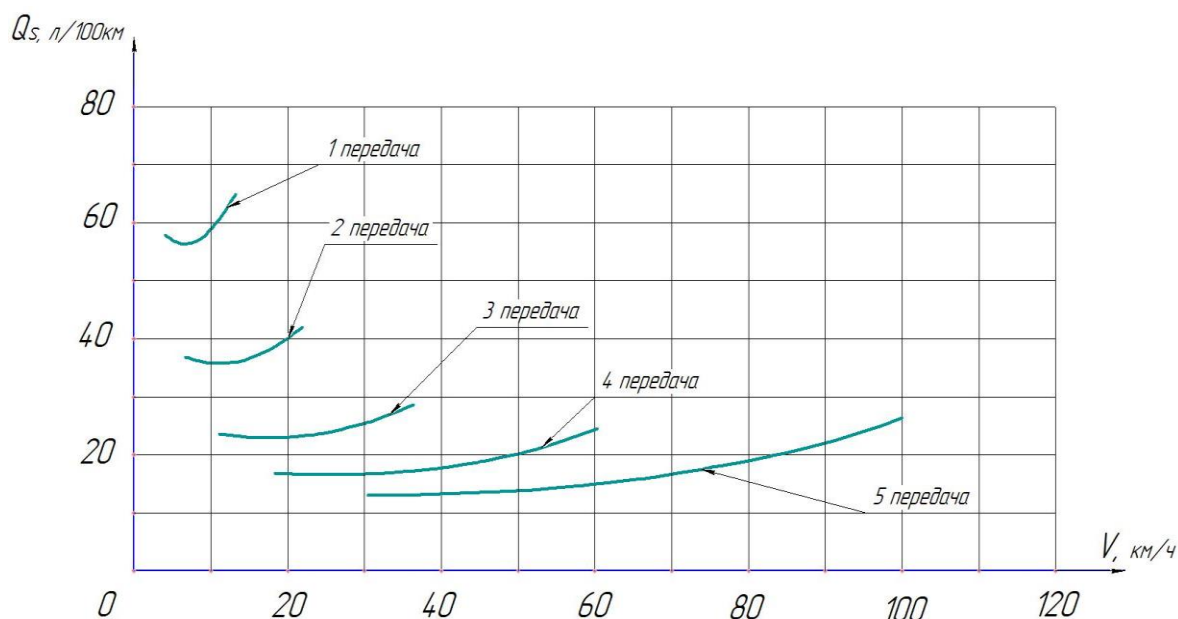


Рисунок 7 – Топливная характеристика автомобиля

2.10 Топливо-экономическая характеристика

При эксплуатации автомобиля в условиях широкого изменения дорожных условий используется топливо-экономическая характеристика. С увеличением суммарного дорожного сопротивления путевой расход топлива существенно возрастает.

$$Q_s = \frac{g_e \cdot P_e}{36 \cdot V \cdot \rho_T} \quad (63)$$

Для 4 передачи следующие дорожные условия:

- Ψ_1 – коэффициент сопротивления качению – 0,016 и уклон 10%;
- Ψ_2 – коэффициент сопротивления качению – 0,012 и уклон 9%;
- Ψ_3 – коэффициент сопротивления качению – 0,012 и уклон 8%;

Для 5 передачи следующие дорожные условия:

- Ψ_1 – коэффициент сопротивления качению – 0,011 и уклон 2%;
- Ψ_2 – коэффициент сопротивления качению – 0,008 и уклон 2%;

– Ψ_3 – коэффициент сопротивления качению – 0,007 и уклон 2%.

Рассчитанные значения показаны в таблице 10. График топливной экономичности представлен на рисунке 8.

Таблица 10 – Значения топливной экономичности автомобиля

Путевой расход, л/100 км							
Четвертая передача				Пятая передача			
	Ψ_1	Ψ_2	Ψ_3		Ψ_1	Ψ_2	Ψ_3
60,551	64,556	55,479	51,993	36,541	28,329	24,796	23,648
64,189	59,377	51,455	48,386	38,737	27,792	24,603	23,565
66,598	56,462	49,203	46,378	40,191	28,201	25,202	24,225
67,956	55,612	48,643	45,926	41,010	29,701	26,752	25,791
68,334	56,853	49,840	47,106	41,238	32,570	29,522	28,532
67,712	60,329	52,931	50,051	40,863	37,241	33,915	32,838
65,998	65,613	57,521	54,386	39,829	43,962	40,136	38,906
63,038	73,517	64,258	60,699	38,042	54,170	49,417	47,906
58,633	85,588	74,313	70,041	35,384	71,228	64,563	62,479

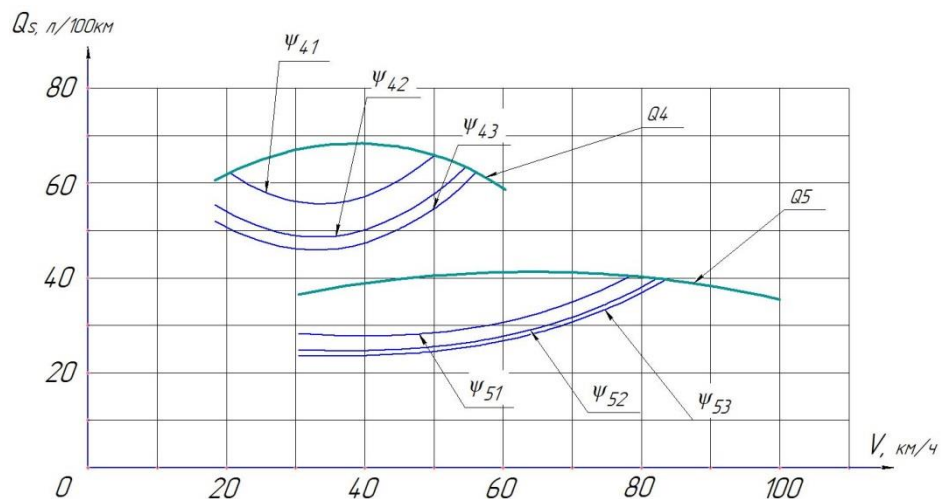


Рисунок 8 – Топливо-экономическая характеристика автомобиля

2.11 Построение и расчет характеристик торможения

Процесс торможения во времени описывается зависимостями $a_T = f(t)$ и $v = f(t)$. Эти зависимости называют тормозной диаграммой. Начальную скорость примем 80 км/ч или 22,222 м/с.

«Общее время процесса торможения включает следующие составляющие:

- время реакции водителя $t_p = t_{p1} + t_{p2}$, где t_{p1} – время психической реакции водителя (оценка обстановки и принятие решения о необходимости торможения); t_{p2} – время физической реакции водителя (перенос ноги с педали акселератора на педаль тормоза) от 0,2 до 0,3 с;
- время срабатывания тормозного привода $t_{cp} = t_z + t_n$, где t_z – время запаздывания тормозного привода (выбор свободного хода в системе привода тормозных механизмов), не более 0,2 с; t_n – время нарастания замедления, равно 0,4 с;
- время торможения с установившимся замедлением t_{ycm} ;
- время оттормаживания t_{om} .» [15].

Установившееся замедление, при экстренном торможении:

$$a_{ycm} = \varphi \cdot g, \quad (64)$$

$$a_{ycm} = 0,9 \cdot 9,81 = 8,8 \text{ м/с}^2,$$

$$v_1 = v_0 - 0,5 \cdot a_{ycm} \cdot t_n, \quad (65)$$

$$v_1 = 22,22 - 0,5 \cdot 8,8 \cdot 0,4 = 20,46 \text{ м/с},$$

$$t_{ycm} = \frac{v_1}{a_{ycm}}, \quad (66)$$

$$t_{ycm} = \frac{20,46}{8,8} = 2,3 \text{ с}.$$

2.12 Тормозной и установочный пути

Тормозным путем принимается путь, который автомобиль проходит с момента начала нажатия водителем на педаль тормоза до полной остановки

автомобиля:

$$S_T = S_z + S_n + S_{уст}. \quad (67)$$

Остановочным путем называют путь, который преодолевается автомобилем с момента возникновения препятствия до полной остановки:

$$S_{ост} = V_0 \cdot (t_z + t_p + 0,5 \cdot t_n) + \frac{V_0^2}{2 \cdot \varphi \cdot g}, \quad (68)$$

$$S_{ост} = 22,22 \cdot (0,2 + 0,25 + 0,5 \cdot 0,4) + \frac{22,22^2}{2 \cdot 0,9 \cdot 9,81} = 42,4 \text{ м},$$

$$S_{ост} = V_0 \cdot (t_z + 0,5 \cdot t_n) + \frac{V_0^2}{2 \cdot \varphi \cdot g}, \quad (69)$$

$$S_{ост} = 22,22 \cdot (0,2 + 0,5 \cdot 0,4) + \frac{22,22^2}{2 \cdot 0,9 \cdot 9,81} = 36,8 \text{ м}.$$

На рисунке 9 представлена тормозная диаграмма.

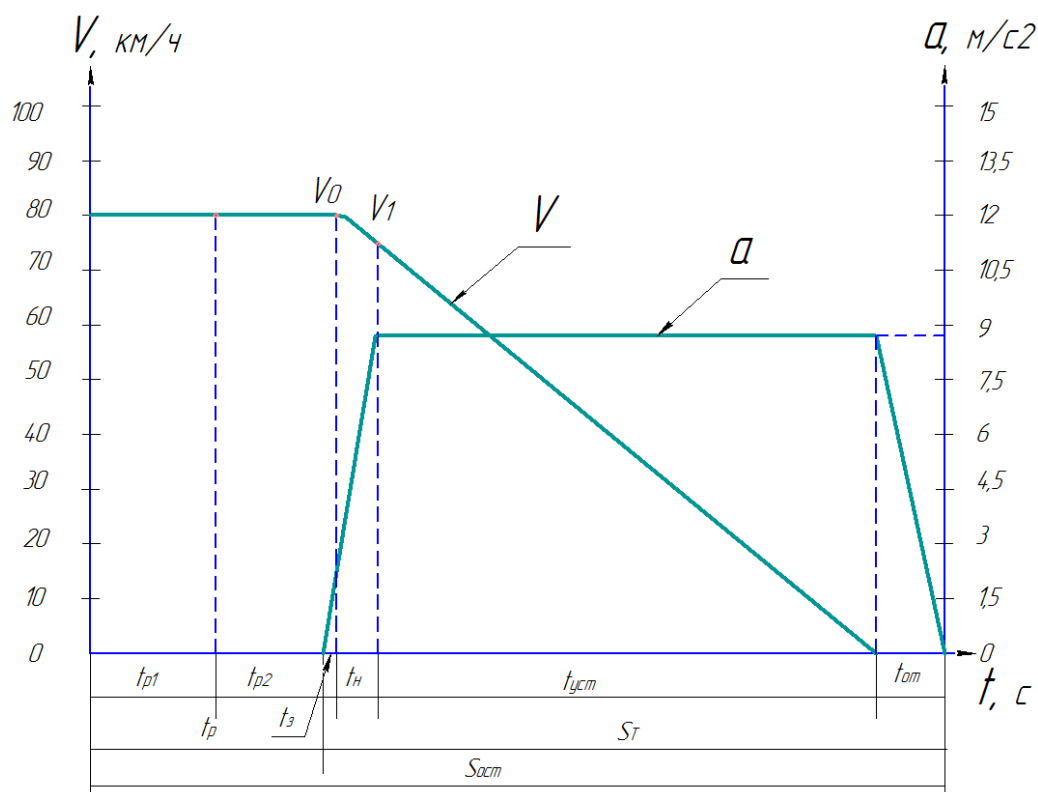


Рисунок 9 – Тормозная диаграмма

Выводы по разделу.

В данном разделе проведен тягово-динамический расчет автомобиля ГАЗон Next, а именно проведен расчет потребной мощности двигателя, на основании которого и был сделан выбор двигателя.

Также было определено передаточное число трансмиссии, построены графики тяговых характеристик, динамической характеристики, скоростной характеристики, характеристики разгона.

Были посчитаны и построены графики мощностного баланса автомобиля, топливно-экономическая характеристика, характеристика торможения и тормозной и установочный путь.

Все графики выведены на отдельный графический лист А1 для удобства демонстрации на защите работы.

3 Конструкторская разработка

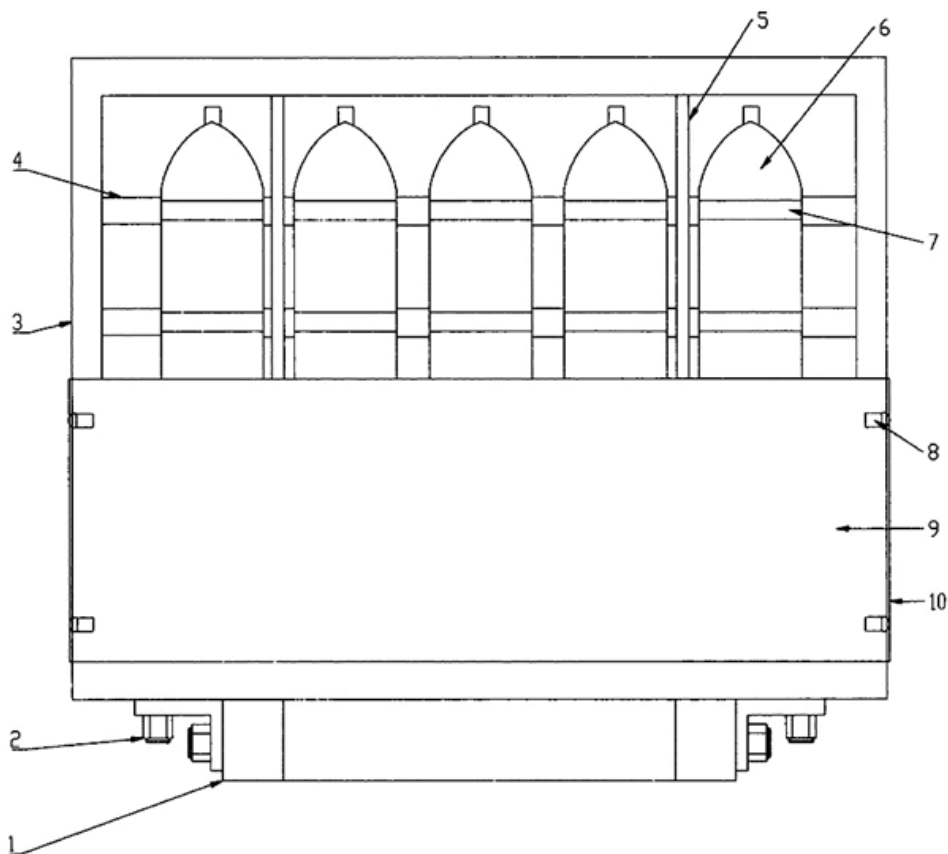
3.1 Анализ существующих конструкций и их недостатки, проектный расчет крепления баллонов

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

Существует устройство для крепления газовых баллонов к раме транспортного средства и защиты их от коррозии, содержит контейнер со средством фиксации в нем баллонов для сжатого газа и средство крепления контейнера на несущей поверхности транспортного средства (рисунок 10).

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

обеспечивает резиновый уплотнитель по его периметру. По бокам короба также устанавливаются пластиковые кожухи 10 наполовину высоты баллонов и закрепляются посредством уже имеющихся болтовых соединений от силовой конструкции 3 и горизонтальной распорки 4» [22].



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

Рисунок 10 – Устройство для крепления газовых баллонов к раме транспортного средства

Для проектного автомобиля принимаем расположение баллонов горизонтально за кабиной.

Газодизель ЯМЗ-5344-20 представляет собой ДВС, для которого в качестве топлива применяется сжатый природный газ (метан). Применение КПП позволяет замещать высокий процент дизтоплива (80. Основа конструкции газодизеля ЯМЗ-5344-20 – это обычный поршневой

дизельный ДВС ЯМЗ-5344-20 с дополнительным топливным оборудованием, которое помогает хранить и подавать газ.

Топливная система состоит из подогревателя и испарителя газа, газового редуктора (его задача заключается в понижении и удерживании постоянного уровня давления газа на выходе), смесителя воздуха с газом и газовых баллонов.

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

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

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

3.2 Расчет болтовых соединений крепления баллонов на прочность

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

«Напряжение на разрыв определяется по выражению:

$$\sigma = \frac{F}{A} \leq [\sigma], \quad (70)$$

где F – нагрузка на болт, МПа;

A – площадь сечения болта, м²;

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

«Площадь сечения болта определяется по выражению:

$$A = \frac{\pi d^2}{4}, \quad (71)$$

где d – диаметр болта» [13].

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

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

При пятикратных нагрузках напряжение будет равно

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

Условия прочности выполняются.

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

«Нагрузка составит для одного болта:

$$P = \frac{M}{n}, \quad (72)$$

где M – вес конструкции с баллонами, Н;

n – количество болтов» [12].

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

«Допустимая нагрузка на болт определяется:

$$Q = \frac{\pi d_p^2}{4} \cdot [\zeta]_p \cdot \theta + \frac{\pi d_e^2}{4} \cdot [\tau]_{cp}, \quad (73)$$

где d_p – расчетный диаметр болта, м;

d_e – диаметр стержня в опасном сечении, м;

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

θ – коэффициент трения, принимаем равным 0,18;

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

«Расчетный диаметр болта определится:

$$d_p = d - 0,94 \cdot S, \quad (74)$$

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

S – шаг резьбы, принимаем равным 2 мм» [12].

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

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

$$[\zeta]_p = \frac{\zeta_T}{n}, \quad (75)$$

где n – коэффициент безопасности, принимается равным 2,5» [11,12].

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

Допустимое напряжение на срез определится:

$$[\tau]_{cp} = (0,2 - 0,3) \cdot \zeta_T, \quad (76)$$

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

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

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

Вывод по разделу.

В ходе выполнения конструкторского раздела работы был проведен обзор существующих конструкций креплений баллонов на автомобили и на основании анализа их достоинств и недостатков, была разработана собственная конструкция.

Также на более нагруженные детали был проведен прочностной расчет.

4 Эксплуатация автомобиля с газобаллонным оборудованием

Заправка автомобиля газом.

Газовые баллоны расположены за кабиной автомобиля.

Заправку баллонов газом производите только на автомобильной газовой наполнительной компрессорной станции (АГНКС).

Запрещается заправлять баллон газом при работающем двигателе.

Заправка баллона газом производится в строгом соответствии с правилами технической эксплуатации автомобильных газовых наполнительных компрессорных станции (АГНКС). Постоянно следите за наличием и исправностью резиновой прокладки, герметизирующей разъем заправочного устройства автомобиля с заправочным блоком АГНКС.

В обычных условиях работы вентили баллонов находятся в открытом положении.

Порядок заправки:

- затормозить автомобиль стояночным тормозом и выключить зажигание, при наличии пассажиров высадить их;
- закрыть ручной вентиль заправочного устройства, при необходимости (открытие – против часовой стрелки, закрытие – по часовой стрелке до упора);
- снять штырь-пробку заправочного устройства, предварительно очистив его от грязи;
- подсоединить к заправочному устройству штуцер шланга газонаполнительной станции;
- проверить, открыты ли вентили баллонов;
- открыть ручной вентиль заправочного устройства;
- после заполнения баллонов закрыть вентиль заправочного устройства;

- отсоединить от заправочного устройства штуцер шланга газонаполнительной станции;
- закрыть заправочное устройство пробкой.

Заправка контролируется по работе газового счетчика на колонке АГНКС.

Для работы двигателя необходимо применять компримированный природный газ (ГОСТ 27577-2000).

«С целью безопасности заправки строго соблюдайте требования правил АГНКС, а также следующее:

- не заполнять газом баллоны, не прошедшие очередного освидетельствования;
- не подтягивать газовые соединения под давлением;
- не стоять около наполнительного шланга во время наполнения баллона;
- не стучать металлическими предметами по аппаратуре и трубопроводам находящимся под давлением;
- не производить регулировку, ремонт ГБО и не курить на АГНКС.

Во избежание повреждения уплотнителей закрывайте ручные вентили баллонов и заправочного устройства без применения какого-либо инструмента» [25].

«Своевременно предъявляйте баллоны на периодическое переосвидетельствование в соответствии с паспортом на баллон, которое производится на специальных испытательных пунктах, имеющих разрешение органов Госгортехнадзора. Дата проведенного и последующего испытания и клеймо наносятся у горловины баллона с соответствующей отметкой в паспорте.

После первой поездки проверьте и при необходимости подтяните шесть хомутов на шлангах, связывающих газовый редуктор с системой охлаждения двигателя» [14].

«К эксплуатации, обслуживанию и ремонту газобаллонного автомобиля, работающего на компримированном природном газе, допускаются лица, прошедшие соответствующую подготовку по устройству газовой аппаратуры, правилам техники безопасности.

При эксплуатации автомобиля обращайтесь особое внимание на герметичность всех соединений газовых трубопроводов и газовой аппаратуры. Проверку герметичности газовой аппаратуры производите пенообразующим негорючим (мыльным) раствором или течеискателем.

Устранение негерметичности производите при отсутствии газа в системе, соблюдая осторожность, чтобы исключить образование искры при работе с инструментом» [29].

При утечке из баллонов или газовой аппаратуры, компримированный природный газ, плотность которого в 1,8 раза меньше, чем воздуха, поднимается вверх и может образовывать взрывчатую газоздушную смесь особенно в закрытых помещениях.

При необходимости выпуска газа в атмосферу, делать это в удаленных от людей местах вне помещения.

«Автомобиль с неисправной газовой аппаратурой должен содержаться на открытой стоянке, без газа в баллонах.

Категорически запрещается:

- эксплуатировать газобаллонный автомобиль на газе при обнаружении внешних механических повреждений или неисправностей газобаллонной аппаратуры и утечках газа из системы;
- продолжать движение на автомобиле при обнаружении запаха газа;
- эксплуатировать газобаллонный автомобиль после истекшего срока очередного испытания (переосвидетельствования) баллона, указанного на корпусе баллона;
- производить проверку герметичности соединений открытым пламенем;

- ставить автомобиль, имеющий утечку газа, на стоянку не выпустив газ из баллонов» [29].

Для исключения замерзания конденсата воды в системе подачи газа при отрицательных температурах окружающего воздуха запрещается остановка двигателя сразу после пуска, двигатель должен быть прогрет до рабочей температуры охлаждающей жидкости (от 80 С ° до 110°С).

Не рекомендуется работа двигателя на минимальной частоте вращения холостого хода более 10-12 минут.

Плановое обслуживание.

Техника безопасности при проведении технического обслуживания:

«Техническое обслуживание или ремонт газовой аппаратуры, а также других узлов (агрегатов) автомобиля осуществлять только после выработки газа из газовой системы питания при закрытых вентилях баллонов.

Ремонт баллона или его арматуры производить только после выработки или выпуска газа из баллонов и продувки их азотом или нейтральным газом.

Перед проверкой электрооборудования на автомобиле убедитесь в отсутствии скопления газа в подкапотном пространстве автомобиля и окружающем пространстве. Техническое обслуживание или ремонт электрооборудования производите только при отключенной аккумуляторной батарее. Не допускайте ненадежного крепления контактов, а также неизолированных концов проводов, находящихся под напряжением, во избежание искрения или короткого замыкания.

В случае обнаружения утечки (запаха) газа, необходимо немедленно перекрыть вентили на баллонах и обратиться на станцию технического обслуживания.

В случае пожара, при возможности, закройте вентили на баллонах, выключите зажигание. Пламя тушите углекислотным огнетушителем, песком, ветошью, одеждой» [29].

«Категорически запрещается:

- производить ремонт газовой аппаратуры, а также любой ремонт других узлов (агрегатов) автомобиля при работающем двигателе, а также, не выработав газ из системы питания или при открытом ручном вентиле газового баллона;
- устранять негерметичность соединений, находящихся под давлением;
- производить сварочные работы или другие виды работ с открытым пламенем, не демонтировав баллон с автомобиля;
- производить выпуск газа из системы питания или баллона в закрытом помещении;
- производить проверку герметичности соединений открытым пламенем» [24].

Ежедневные проверки:

Проверить внешнюю герметичность газопроводов, их соединений, узлов.

Проверить крепление газовых баллонов.

Открыть вентили баллонов и проверить герметичность газопроводов, их соединений, узлов.

На холодном двигателе, до его пуска, слить жидкость из фильтра низкого давления газа, посредством открытия сливного крана. Закрыть кран, проверить фильтр на герметичность при работающем двигателе.

Выводы по разделу:

В ходе выполнения раздела, посвященному эксплуатации автомобиля с газобаллонным оборудованием, были рассмотрены правила и порядок заправки автомобиля газом, диагностика неисправностей и методы их устранения, техническое обслуживание газобаллонного оборудования, а также действующие запреты.

5 Производственная и экологическая безопасность

5.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики на технологический процесс переоборудования ГАЗон Next для использования КПП в качестве альтернативного топлива

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; изоляция производственного процесса; улучшение технологии производства;

механизация; автоматизация; защита работающих; организационно-массовые мероприятия» [34].

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.

В таблице 11 представлен паспорт безопасности на технологический процесс переоборудования ГАЗон Next для использования КПП в качестве альтернативного топлива.

Таблица 11 – Паспорт безопасности на технологический процесс переоборудования ГАЗон Next для использования КПП в качестве альтернативного топлива

Технологический процесс/операция	Содержание операций и переходов	Должность работника, выполняющего технологическую операцию	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
Технологический процесс переоборудования ГАЗон Next для использования КПП в качестве альтернативного топлива	1 Подготовка грузового автомобиля. 2. Подготовка оборудования ГБО к установке. 3 Монтаж ГБО.	Слесарь по ремонту автомобилей 4 разряда	Ключи по размеру крепежных элементов: – рожковые; – накидные; – с трещоткой. Динамометрический ключ. Отвертки по размеру крепежных элементов: – плоские; – крестообразные. Мотор-тестер, электрическая дрель, специальное приспособление для фиксации баллона	Защитные хлопчатобумажные перчатки, спецодежда, спецобувь, герметик

5.2 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 переоборудования ГАЗон Next для использования КПГ в качестве альтернативного топлива представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемая работа	О и ВПФ	Источник возникновения О и ВПФ
1 Подготовка грузового автомобиля. 2. Подготовка оборудования ГБО к установке. 3 Монтаж ГБО.	«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей, узлов, агрегатов	Детали, узлы, агрегаты автомобиля
	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Электроинструмента
	Повышенный уровень шума	Шум от электроинструмента, автомобиля на участке ремонта
	Запыленность и загазованность воздуха	Пыль, поднимающаяся от работающего оборудования, транспорта» [27].
	Возможность поражения электрическим током	Электроинструмент, компьютер
	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 техническом процесс установки ГБО
	Напряжение зрительных анализаторов	
Статические нагрузки, связанные с рабочей позой		

5.3 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)» [29].

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 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 устанавливается федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере труда.

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» [32];
- 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 соответствии 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 (учебных классов) по охране труда компьютерами, теле-, видео-, аудиоаппаратурой, 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 13.

Таблица 13 – 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: – инструктажи по охране труда; – содержание технических устройств в надлежащем состоянии» [26]	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. Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией. Санитарно-гигиенические мероприятия: – обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами; – предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)

Продолжение таблицы 13

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
	<ul style="list-style-type: none"> – знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015» [26] – обеспечение дистанционного управления оборудованием 	
Повышенный уровень шума	<ul style="list-style-type: none"> – уменьшение величины шума на пути его распространения; – снижение шума в источнике; – проведение лечебно-профилактических мероприятий; – организационно-технические мероприятия (использование современных менее шумных технологических процессов и машин, – оснащение шумных машин средствами дистанционного управления и автоматического контроля; – контроль за уровнем шума и своевременное устранение его причин; – введение целесообразных режимов труда и отдыха работников на шумных предприятиях); – архитектурно-планировочные меры – уменьшение шума еще на стадии проектирования промышленных зданий сооружений; – формирование зон защищенных от шума, целесообразное размещение оборудования рабочих мест, – акустические решения планировок зданий и генеральных планов объектов 	Противошумные: наушники, закрывающие ушную раковину снаружи, вкладыши, перекрывающие наружный слуховой проход; противошумные шлема и каски; противошумные костюмы
Возможность поражения электрическим током	<p>К техническим мерам защиты от действия электрического тока относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> – изоляция токопроводящих элементов (рабочая, двойная, усиленная); – зануление; – заземление; – защитное отключение. <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,

Продолжение таблицы 13

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"> – оформление нарядов или распоряжений с полным указанием места и времени работы, ответственных лиц, мер безопасности; – обучение персонала и оформление допуска; <p>надзор над проведением работ. Технические средства защиты от действия электрического тока:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) изолирующие (диэлектрические перчатки, изолирующие клещи и штанги, слесарный инструмент с изолированными рукоятками, указатели величины напряжения, диэлектрические калоши, боты, подставки, коврики); 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, рукавицы из трудновоспламеняемых материалов, спецодежда, спецобувь, противогазы); в) ограждающие для обеспечения коллективной безопасности (щиты, ширмы, барьеры, клетки, заземляющие и шунтирующие штанги, специальные знаки и плакаты) 	<p>предохранительные пояса, «когти», лестницы, защитные щитки, каски и очки, рукавицы из трудновоспламеняемых материалов, спецодежда, спецобувь, противогазы; щиты, ширмы, барьеры, клетки, заземляющие и шунтирующие штанги, специальные знаки и плакаты</p>
<p>Отсутствие или недостаток естественного света</p>	<p>Устройство световых проемов в стенах производственного помещения, световых фонарей на крыше здания, устройство дополнительного освещения на рабочем месте рабочего. Контроль за параметрами освещенности при помощи специального прибора люксметра-пульсметра</p>	<p>–</p>

Продолжение таблицы 13

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
<p>Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой</p>	<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</p>	<p>–</p>
<p>Монотонность труда, вызывающая монотонию</p>	<ul style="list-style-type: none"> – расширение круга обязанностей; усложнение работы или обогащение такими функциями и обязанностями, которые способны сыграть роль стимулов для того или иного сотрудника; – руководитель должен установить режим и график работы сотрудников. Принципы и методология определения количества и продолжительности перерывов на отдых, независимо от регламентированного периода работы, являются едиными. С сокращением рабочего дня (с 6-7-часовой сменой) потребность в отдыхе может возрасти, поскольку, как правило, увеличивается интенсивность труда; – 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 	<p>–</p>

5.4 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 категоризируют 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.

Каждый руководитель объекта должен осуществлять необходимый комплекс мер по предотвращению пожаров на объекте на постоянной основе.

Перечень мероприятий по пожарной безопасности при технологическом процессе переоборудования ГАЗон Next для использования КПГ в качестве альтернативного топлива представлен в таблице 14.

Таблица 14 – Перечень мероприятий, направленных на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе переоборудования ГАЗон Next для использования КПГ в качестве альтернативного топлива

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
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» [29].
«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» [30].
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

Продолжение таблицы 14

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности, эффекты от реализации
«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 ССБТ «Пожарная безопасность Общие требования»	Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных для обозрения местах» [31].
«Размещение информационного стенда по пожарной безопасности»	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [33].

5.5 Экологическая безопасность технологического процесса переоборудования ГАЗон Next для использования КПГ в качестве альтернативного топлива

Для определения экологической безопасности технологического процесса переоборудования автомобиля начинается с идентификации экологических факторов воздействия на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу), в которой требуется очень подробно предоставить информацию для дальнейшей проработки мероприятий по снижению воздействия на природу.

Для удобства сводим подробную информацию по идентификации экологических факторов технологического процесса переоборудования ГАЗон Next для использования КПГ в качестве альтернативного топлива в таблицу 15.

Таблица 15 – Идентификация экологических факторов технологического процесса переоборудования ГАЗон Next для использования КПГ в качестве альтернативного топлива

Структурные составляющие (оборудование) технологического процесса	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
Технологический процесс переоборудования ГАЗон Next для использования КПГ в качестве альтернативного топлива	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 переоборудования ГАЗон Next для использования КПГ в качестве альтернативного топлива представлена в таблице 16.

Таблица 16 – Мероприятия, направленные на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса переоборудования ГАЗон Next для использования КПГ в качестве альтернативного топлива

Перечень мероприятий, направленных на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса ТО-1 переоборудования ГАЗон Next для использования КПГ в качестве альтернативного топлива 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	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

5.6 Расчет выбросов загрязняющих веществ от поста ТО автомобиля ГАЗон Next

В зонах технического обслуживания (ТО) источниками выделения загрязняющих веществ являются автомобили, перемещающиеся по помещению зоны. Для автомобилей с дизелями рассчитывается выброс CO , CH , NO_x , C , SO_2 .

«Валовый выброс i -го вещества рассчитывается по выражению:

$$M_{Ti} = \sum_{k=1}^k (2m_{Lik} \cdot S_T + m_{npik} \cdot t_{np}) \cdot n_k \cdot 10^{-6}, \quad (77)$$

где m_{Lik} – пробеговый выброс i -го вещества автомобилями k -ой группы, г/км;

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

S_T – расстояние от ворот помещения до поста ТО и ТР, принимается равным 0,02 км;

n_k – количество ТО, проведенных в течении года для автомобилей k -ой группы, принимается равным 100;

t_{np} – время прогрева, $t_{np} = 1,5$ мин.» [15].

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

– расчет по оксиду углерода (CO):

$$M_{TCC} = (2 \cdot 7,5 \cdot 0,02 + 3 \cdot 1,5) \cdot 100 \cdot 10^{-6} = 0,00048 \text{ т/год};$$

– расчет по углеводородам (CH):

$$M_{TCH} = (2 \cdot 1,1 \cdot 0,02 + 0,4 \cdot 1,5) \cdot 100 \cdot 10^{-6} = 0,0000644 \text{ т/год};$$

– расчет по оксидам азота (NO_x):

$$M_{TNO_x} = (2 \cdot 4,5 \cdot 0,02 + 1 \cdot 1,5) \cdot 100 \cdot 10^{-6} = 0,000168 \text{ т/год};$$

– расчет по саже (C):

$$M_{TC} = (2 \cdot 0,4 \cdot 0,02 + 0,04 \cdot 1,5) \cdot 100 \cdot 10^{-6} = 0,0000076 \text{ т/год};$$

– расчет по диоксидам серы (SO_2):

$$M_{TSO_2} = (2 \cdot 0,78 \cdot 0,02 + 0,113 \cdot 1,5) \cdot 100 \cdot 10^{-6} = 0,00002007 \text{ т/год};$$

Максимальный разовый выброс рассчитывается по выражению:

$$G_{Ti} = \frac{(m_{Lir} \cdot S_T + 0,5m_{npik} \cdot t_{np}) \cdot N'_{Tk}}{3600}, \text{ г/с}, \quad (78)$$

где N'_{Tk} – наибольшее количество автомобилей, находящихся в зоне ТО

и ТР на тупиковых постах в течение часа, $N'_{Tk} = 1$.

$$G_{TCO} = \frac{(7,5 \cdot 0,02 + 0,5 \cdot 3 \cdot 1,5) \cdot 1}{3600} = 6,67 \cdot 10^{-4} \text{ г/с},$$

$$G_{TCH} = \frac{(1,1 \cdot 0,02 + 0,5 \cdot 0,4 \cdot 1,5) \cdot 1}{3600} = 8,94 \cdot 10^{-5} \text{ г/с},$$

$$G_{TNO_x} = \frac{(4,5 \cdot 0,02 + 0,5 \cdot 1 \cdot 1,5) \cdot 1}{3600} = 2,33 \cdot 10^{-4} \text{ г/с},$$

$$G_{TC} = \frac{(0,4 \cdot 0,02 + 0,5 \cdot 0,04 \cdot 1,5) \cdot 1}{3600} = 1,06 \cdot 10^{-5} \text{ г/с},$$

$$G_{TSO_2} = \frac{(0,78 \cdot 0,02 + 0,5 \cdot 0,113 \cdot 1,5) \cdot 1}{3600} = 2,79 \cdot 10^{-5} \text{ г/с}.$$

Для снижения количества выбрасываемых в окружающую среду вредных веществ разрабатывается ряд мер, которые направлены на достижение как можно более полного сгорания топлива. Для этого необходимо улучшать процессы смесеобразования, обеспечивать приготовление оптимального состава горючей смеси для каждого режима работы двигателя. С этой целью обеспечивают подогрев топлива на различных участках впускной системы, используют электронное управление системой питания. Применение нейтрализаторов отработавших газов в выпускной системе позволяет также снизить токсичные вещества в отработавших газах. Переход работы ДВС с традиционных топлив на альтернативные также приводит к снижению содержания вредных компонентов в отработавших газах.

Заключение по разделу «Производственная и экологическая безопасность проекта».

В разделе «Производственная и экологическая безопасность проекта»: разработан паспорт безопасности на технологический процесс переоборудования ГАЗон Next для использования КПП в качестве альтернативного топлива (таблица 11); выявлены профессиональные риски при технологическом процессе переоборудования ГАЗон Next для использования КПП в качестве альтернативного топлива (таблица 12) и определены пути их снижения (таблица 13); рассмотрены мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе переоборудования ГАЗон Next для использования КПП в качестве альтернативного топлива (таблицы 14, 15); определены мероприятия, способствующие снижению негативного антропогенного воздействия технологического процесса переоборудования ГАЗон Next для использования КПП в качестве альтернативного топлива (таблица 16).

6 Экономическая оценка эффективности проекта

Исходные данные:

- средний расход дизельного топлива базовой модели $G_{cp1}=19,3$ л/100 км;
- средний расход дизельного топлива новой модели $G_{cp2}=3,9$ л/100 км;
- средний расход КПП $15,4 \text{ м}^3 / 100 \text{ км}$;
- годовой пробег автомобиля $L_{год}=40000$ км;
- стоимость 1 л дизельного топлива $C_{dm}=46,5$ руб (по состоянию на 01.03.2021 г.);
- стоимость 1 м^3 КПП $C_z = 15$ руб (по состоянию на 01.03.2021 г.);
- стоимость автомобиля ГАЗон Next 1825000 руб.;
- стоимость газобаллонного оборудования с установкой $B_1=48000$ руб [17].

Рассчитаем стоимость переоборудованного автомобиля ГАЗон Next:

$$B_r = B + B_1 \quad (79)$$

$$B_r = 1825000 + 48000 = 1873000 \text{ р.}$$

Рассчитаем годовой расход дизельного топлива:

$$g_d = \frac{G_{cp}}{100} \cdot L_{год}, \quad (80)$$

тогда при базовом варианте:

$$g_d = \frac{19,3}{100} \cdot 40000 = 7720 \text{ л,}$$

при проектируемом варианте:

$$g_{\partial} = \frac{3,9}{100} \cdot 40000 = 1560 \text{ л.}$$

Рассчитаем годовой расход газа при проектируемом варианте:

$$g_{\partial} = \frac{G_{\partial}}{100} \cdot L_{\partial}, \quad (81)$$

где G_{∂} – средний расход газа, м³/100 км.

$$g_{\partial} = \frac{15,4}{100} \cdot 40000 = 6160 \text{ м}^3.$$

Рассчитаем экономию дизельного топлива за год:

$$g_{\partial} = g_{\partial 1} - g_{\partial 2}, \quad (82)$$
$$g_{\partial} = 7720 - 1560 = 6160 \text{ л.}$$

Вычисляем стоимость дизельного топлива за год:

$$C_{\text{мд}} = g_{\partial} \cdot C_{\partial \text{м}}, \quad (83)$$

где $C_{\partial \text{м}}$ – стоимость одного л дизельного топлива, р.

Для базового варианта:

$$C_{\text{мд}1} = 7720 \cdot 46,5 = 358980 \text{ р.}$$

для проектируемого варианта:

$$C_{\text{м}02} = 1560 \cdot 46,5 = 72540 \text{ р.}$$

Вычисляем стоимость газа проектируемой модели:

$$C_{\text{м}2} = g_z \cdot Ц_z, \quad (84)$$

$$C_{\text{м}2} = 6160 \cdot 15 = 92400 \text{ р.}$$

Вычисляем годовую экономию от снижения стоимости топлива:

$$\mathcal{E}_{\text{з.топл.}} = C_{\text{м}01} - (C_{\text{м}02} + C_{\text{м}2}), \quad (85)$$

$$\mathcal{E}_{\text{з.топл.}} = 358980 - (72540 + 92400) = 194040 \text{ р.}$$

Затраты на амортизацию базовой и проектируемой моделей рассчитываем по выражению:

$$A_{12} = \frac{(B \cdot a)}{L_{\text{год}}}, \quad (86)$$

где B – балансовая стоимость автомобиля базовой и проектируемой моделей, р.;

a – коэффициент амортизационных отчислений, принимаем $a = 0,2$.

Находим затраты для базовой модели:

$$A_1 = \frac{(1825000 \cdot 0,2)}{40000} = 9,13 \text{ р./км,}$$

для проектируемой модели:

$$A_1 = \frac{(1873000 \cdot 0,2)}{40000} = 9,36 \text{ р./км},$$

Рассчитываем затраты на ТО и ТР базовой и проектируемой моделей:

$$P_{12} = \frac{(B \cdot Q_L)}{L_{год}}, \quad (87)$$

где Q_L – коэффициент отчислений на ТО и ТР, принимаем равным 0,22.

Для базовой модели:

$$P_1 = \frac{(1825000 \cdot 0,22)}{40000} = 10,04 \text{ р./км},$$

для проектируемой модели:

$$P_2 = \frac{(1873000 \cdot 0,22)}{40000} = 10,30 \text{ р./км},$$

Вычисляем себестоимость затрат базовой и проектируемой моделей:

– для базовой модели:

$$U_1 = A_1 + P_1, \quad (88)$$

$$U_1 = 9,13 + 10,04 = 19,17 \text{ р./ккм}$$

– для проектируемой модели:

$$U_2 = A_2 + P_2, \quad (89)$$

$$U_1 = 9,36 + 10,30 = 19,66 \text{ р./ккм}$$

Вычисляем количество капиталовложений:

$$K_{1,2} = \frac{B}{L_{\text{год}}}, \quad (90)$$

– для базовой модели капиталовложения составят:

$$K_1 = \frac{1825000}{40000} = 45,63 \text{ р./км},$$

– для новой модели капиталовложения составят:

$$K_2 = \frac{1873000}{40000} = 46,83 \text{ р./км}.$$

Вычисляем количество приведенных затрат:

$$Z_{1,2} = U_{1,2} + E_H \cdot K_{1,2}, \quad (91)$$

где E_H – коэффициент эффективности капиталовложений, принимаем равным 0,15.

– для базового варианта:

$$Z_1 = 19,17 + 0,15 \cdot 45,63 = 26,02 \text{ р./км},$$

– для проектируемого варианта:

$$Z_2 = 19,66 + 0,15 \cdot 46,83 = 26,68 \text{ р./км},$$

Годовая экономия определится по выражению:

$$\mathcal{E}_{z1} = (z_1 - z_2) \cdot L_{zod}, \quad (92)$$

$$\mathcal{E}_{z1} = (26,68 - 26,02) \cdot 40000 = -26400 \text{ р.}$$

Вычисляем общую годовую экономию:

$$\mathcal{E}_{z.общ} = \mathcal{E}_{z.топл} + \mathcal{E}_r, \quad (93)$$

$$\mathcal{E}_{z.общ} = 194040 - 26400 = 167640 \text{ р.}$$

Находим срок окупаемости капиталовложений:

$$T_{ок} = \frac{48000}{167640} = 0,29 \text{ г.}$$

Запас хода автомобиля на дизельном топливе определяется по выражению:

$$z_{дт} = \frac{V_{топл.бака}}{g_d} \cdot 100, \quad (94)$$

где $V_{топл.бака}$ – объем топливного бака, принимаем $V_{топл.бака} = 105$ л [16];

g_d – средний расход дизельного топлива на 100 км пути.

$$z_{дт} = \frac{105}{19,3} \cdot 100 = 540 \text{ км.}$$

Запас хода автомобиля на газе определяется по выражению:

$$z_r = \frac{V_{газ.балл}}{g_z} \cdot 100, \quad (95)$$

где $V_{газ.балл}$ – объем газовых баллоном, принимаем $V_{газ.балл} = 40 \text{ м}^3$;

g_z – средний расход газа на 100 км пути.

$$Z_{др} = \frac{40}{15,4} \cdot 100 = 260 \text{ км.}$$

Рассчитанные показатели экономического расчета заносим в таблицу 17.

Таблица 17 – Техничко-экономические показатели

Показатели	Базовый	Проектный
Стоимость автомобиля, руб.	1825000	1873000
Годовой пробег, км	40000	
Расход топлива за год:		
– дизельное топливо, кг	7720	1560
– газ, м ³	–	6600
Экономия дизельного топлива за год, кг	–	6600
Общая стоимость топлива за год, руб.		
– дизельное топливо	358980	72540
– газ		92400
Годовая экономия от снижения стоимости топлива, руб.	–	194040
Эксплуатационные затраты за год, руб.:		
– ТО и ТР	401600	412000
– амортизация	365200	374400
Общая годовая экономия, руб.	–	167640
Срок окупаемости, год	–	0,29

Заключение по разделу:

Расчет технико-экономической эффективности говорит о целесообразности перевода автомобиля ГАЗон Next на альтернативное топливо – компримированный природный газ. Капитальные затраты на модернизацию системы питания составят 48000 рублей, при этом срок окупаемости составит 1,08 года при пробеге 40000 км.

Заключение

Эффективность использования сжатого природного газа в качестве топлива для двигателя ЯМЗ-5344-20 автомобиля ГАЗон Next, помимо его относительной дешевизны, характеризуется следующими положительными факторами: снижение износа цилиндропоршневой группы; снижение нагрузки на кривошипно-шатунный механизм, потому как газ горит плавнее дизельного топлива, сгорание происходит более равномерно; снижение образования нагара в двигателе; снижение токсичности выбросов.

В процессе выполнения ВКР было сделано следующее:

- обоснована актуальность применения сжатого природного газа в качестве альтернативного вида топлива для автомобилей с дизельными двигателями;
- выполнен тягово-динамический расчет автомобиля ГАЗон Next;
- разработана принципиальная схема системы питания автомобиля ГАЗон Next при работе на КПП;
- произведены расчёты болтовых соединений крепления баллонов на прочность;
- разработаны требования безопасности при обслуживании ГБО;
- выполнен расчет выбросов загрязняющих веществ автомобилем ГАЗон Next;
- посчитана экономическая эффективность перевода автомобиля ГАЗон Next для работы на КПП.

Расчет технико-экономической эффективности, говорит о целесообразности перевода автомобиля ГАЗон Next на альтернативное топливо – сжатый природный газ. Капитальные затраты на модернизацию системы питания составят 48000 рублей, при этом срок окупаемости составит 1,08 года при пробеге 40000 км.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Аринин И. Н. и др.. Техническое диагностирование автомобилей / И. Н. Аринин. – Ф.: «Кыргызстан», 1978. – 164 с.
2. Арустамов Э.А. Безопасность жизнедеятельности: учебник для бакалавров / Ю.В.Буралев. - 19-е изд., перераб. и доп. - М.: ИТК «Дашков и К», 2016. - 448 с.
3. Борц А. Д. Диагностика технического состояния автомобиля / А. Д. Норц, Я. К. Закин, Ю. В. Иванов. – М.: Транспорт, 1979. – 160 с.
4. Верзаков Г. Ф. Введение в техническую диагностику / Г. Ф. Верзаков, Н. В. Кипшт, В. И. Рабинович. – М.: Энергия. 1968. – 219 с.
5. Говорущенко Н. Я. Диагностика технического состояния автомобилей / Н. Я. Говорущенко. – М.: Транспорт, 1975. – 305 с.
6. Говорущенко Н. Я. Диагностика технического состояния автомобилей / Н. Я. Говорущенко. – М.: Транспорт, 1970. – 254 с.
7. 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.
8. ГОСТ 27577-2000. Газ природный топливный компримированный для двигателей внутреннего сгорания. Технические условия. – М: ИПК Издательство стандартов, 2000. – 15 с.
9. ГОСТ 305-2013. Топливо дизельное. Технические условия. – М: ИПК Издательство стандартов, 2013. – 14 с.
10. Грачев Ю. П. Математические методы планирования эксперимента / Ю. Л. Грачев. – М., 1979. – 195 с.
11. Гришкевич А. И. Автомобили. Теория. Учебник для вузов / А. И. Гришкевич. – Мн.: Высш. шк., 1986. – 208 с.

12. Гурин В.В., Замятин В.М., Попов А.М. Детали машин. Курсовое проектирование. Ч 1. Учебник. – М.: Юрайт, 2016. – 368 с.
13. Дуарь В.С. Альтернативные виды топлива // Молодой ученый. – 2018. – №2(188). – С. 168-171. URL:<https://moluch.ru/archive/188/47739/> (дата обращения: 17.05.2019 г.)
14. Емельянов В.Е., Крылов И.Ф. Альтернативные экологически чистые виды топлив для автомобилей. - М.: АСТ Астрель, 2015. - 128 с.
15. Куклин Н.Г., Куклина Г.С., Житков В.К. Детали машин: учебник для студентов ВУЗов. – 9-е изд. перераб. и доп.– М.: Курс, 2015. – 512 с.
16. Лиханов В.А., Девятьяров Р.Р. Расчет автомобильных двигателей / Учебное пособие. - Киров: Вятская ВГСХА, 2008. – 180 с.
17. Лиханов В.А., Лопатин О.П. Экологическая безопасность: Учебное пособие. - Киров: ВГСХА, 2008. – 126 с.
18. Маевская Е. Б. Экономика организации : учебник / Е. Б. Маевская. - Москва : ИНФРА-М , 2017. - 351 с.
19. Марченко А.П., Елистратова С.В. К вопросу развития применения газомоторного топлива. Educatio. №4 (11)-4, 2015. С. 31-33.
20. Мухина М.В. Устройство автомобиля. Ч. 2. Системы питания двигателей: Учебно-методическое пособие / М.В. Мухина, В.В. Глебов, И.А. Григорьева. – Н.Новгород: НГПУ, 2016. - 43с.
21. Николайчук Л.А., Дьяконова В.Д. Современное состояние и перспективы развития рынка газомоторного топлива в России // Интернет-журнал «Науковедение», том 8, №2 (2016).
22. Ниргер И. А. Техническая диагностика / И. А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 239 с.
23. Панов Ю.В. Установка и эксплуатация газобаллонного оборудования автомобилей. – М.: Академия, 2015. – 160 с.
24. Певнев Н.Г. Техническая эксплуатация газобаллонных автомобилей / Н.Г. Певнев, А.П. Елгин, Л.Н. Бухаров. – Омск: Изд-во Сибирской гос. автомобильно-дорожной академии, 2016. – 183 с.

25. Пронин Е.Н., Поденок С.Е. Проект «Голубой коридор»: эколого-экономическая модель использования природного газа в качестве моторного топлива в международном автомобильном сообщении. - М.: ИРЦ «Газпром», 2016. - 46 с.
26. Сметанин, В. И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления : Учеб. пособие / В. И. Сметанин. - Москва : КолосС, 2003. - 230 с.
27. Теория механизмов и машин : респ. междувед. научно-тех. сб. Вып. 36 / [редкол.: С. Н. Кожевников (отв. ред.) и др.]. - Харьков : Вища шк., 1984. - 129 с.
28. Чумаков, Л. Л. Раздел выпускной квалификационной работы «Экономическая эффективность проекта». Уч.-методическое пособие / Л. Л. Чумаков. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 37 с.
29. Шатров М.Г. Автомобильные двигатели: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / [М.Г. Шатров, К.А. Морозов, И.В. Алексеев и др.]; под ред. М.Г. Шатрова. - 3-е изд., испр. и доп. - М.: Издательский центр «Академия», 2015. - 464 с.
30. Экология транспорта : учебник. / Е.И.Павлова. - М. : Высш. шк., 2010. - 366, [2] с.
31. D.T. Cooke a. D.T. Clarkson Transport and receptor proteins of plant membranes : Molecular structure a. function: held Sept. 17-20, 1991, in Bristol, United Kingdom / Ed. by. - New York; London : Plenum press, Cop. 1992. - VIII, 213 с.
32. Konstadinos G. Goulias Transport science and technology: [Transport science technology congr, 1-5 September 2004 - Amsterdam: Elsevier, 2007, 496.
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. Englcwood Cliffs, 1975.

Приложение А
Спецификации

Перый приме-ч.	Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание		
					<i>Документация</i>				
	A4			21.ДП.ПЭА.170.61.00.000.ПЗ	Пояснительная записка	1			
	A1			21.ДП.ПЭА.170.61.00.000.В0	Чертеж общего вида	1			
Строч. №					<i>Заемствованные изделия</i>				
			1		Автомобиль ГАЗон Next	1			
					<i>Покупные изделия</i>				
			2		Баллон БА-51-20-254/1262	4			
					ТУ 4591-001-29416612-2005				
			3		Болт М10х70 ГОСТ 7796-85	6			
			4		Гайка М10 ГОСТ 15521-87	6			
			5		Шайба 10.65Г ГОСТ 6402-85	6			
			6		ЭБУ газодизельной системой	1			
			7		Отсечной клапан	1			
					<i>Вновь разработанные изделия</i>				
Взам. инв. №	Инв. №	Лист	Дата	A2	8	21.ДП.ПЭА.170.61.06.000.СБ	Крепление баллонов	1	
					9	21.ДП.ПЭА.170.61.07.000.СБ	Кронштейн крепления клапана		
				21.ДП.ПЭА.170.61.00.000					
Инв. №	Лист	Лист	Листов	Разработ.	Романенко	Подп.		Автомобиль ГАЗон Next	ТГУ, ИМ, АТс-1601В
				Проб.	Угарова				
				Аконтр.	Угарова				
				Утв.	Бабровский				
				Копировал _____ Формат А4					

Рисунок А.1 – Спецификация на автомобиль ГАЗон Next

