

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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))

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

на тему Адаптация силовой установки автомобиля «Сержант» для
работы на газовом топливе

Студент

Е.А. Платонов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

И.В. Турбин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Н. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

С.А. Гудкова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Г. Егоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

И.о. заведующего кафедрой к.т.н., доцент А.В. Бобровский

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

(личная подпись)

« _____ » _____ 2018 г.

Тольятти 2018

АННОТАЦИЯ

Пояснительная записка включает в себя 101 страниц, 14 рисунков, 17 таблиц.

Ключевые слова: СИЛОВОЙ АГРЕГАТ, ПРИРОДНЫЙ ГАЗ, СИСТЕМА ПИТАНИЯ, ЭКОНОМИЧНОСТЬ, ТОКСИЧНОСТЬ, АВТОМОБИЛЬ

Целью данного дипломного проекта является адаптация автомобиля для работы силовой установки по газодизельному циклу.

Дипломный проект состоит из пояснительной записки и графической части.

Задачей данной работы являлось представить преимущества при использовании в автомобиле природного газа.

Пояснительная записка состоит из расчетной части, исследования достигнутого уровня вида техники, экономической части, безопасность и экологичность проекта.

Расчетная часть включает в себя оценочные расчеты системы питания силового агрегата природным газом. Проведены тепловой и тяговый расчеты, а также расчеты основных деталей и систем рассматриваемого автомобиля.

ABSTRACT

The explanatory memorandum includes 101 pages, 14 figures, 17 tables.

Keywords: POWER UNIT, NATURAL GAS, POWER SYSTEM, ECONOMICS, TOXICITY, CAR

The purpose of this graduation project is to adapt the car for the operation of the power plant on the gas-diesel cycle.

The graduation project consists of an explanatory note and a graphic part.

The task of this paper was to present advantages when using natural gas in a car.

The explanatory note consists of the calculation part, the research of the achieved level of the type of equipment, the economic part, safety and environmental friendliness of the project.

The calculation part includes estimated calculations of the power system of the power unit with natural gas. Thermal and traction calculations, as well as calculations of the main parts and systems of the vehicle in question, were carried out.

Условные обозначения и сокращения

СНГ – сжиженный нефтяной газ пропан-бутан;

КПГ – компримированный природный газ метан;

СПГ – сжиженный природный газ метан;

ЭБУ - электронный блок управления;

ЭСУД – электрическая система управления силовым агрегатом (двигателем);

КПД – коэффициент полезного действия;

ТНВД – топливный насос высокого давления.

Содержание

	Введение.....	7
1	Состояние вопроса.....	10
1.1	Характеристики альтернативных топлив.....	10
1.2	Альтернативные топлива, имеющие наиважнейшее значение.....	15
2	Исследование достигнутого уровня техники силового агрегата для работы на природном газе.....	18
3	Расчет газового дизеля.....	30
3.1	Тепловой расчет (по методике Гринивецкого-Мазинга) газодизельного цикла.....	30
3.2	Построение индикаторной диаграммы.....	42
3.3	Внешняя скоростная характеристика двигателя.....	43
3.4	Тяговый расчет автомобиля.....	45
4	Специальная часть.....	48
4.1	Система для регулировки подачи топлива общепринятая...	48
4.2	Разработанная система регулирования подачи топлива.....	48
4.3	Расчет форсунки.....	50
4.4	Техническое описание установки системы CNG.....	53
4.5	Анализ влияния CNG на элементы конструкции автомобиля в целом.....	59
5	Безопасность и экологичность проекта.....	60
5.1	Оценка профессиональных угроз здоровью.....	62
5.2	Технические средства для обеспечения ПБ.....	63
5.3	Обеспечение природоохранной безопасности рассматриваемой зоны (участка, отделения) предприятия..	66
6	Экономическая эффективность проекта.....	69
6.1	Расчет себестоимости проектируемого силового агрегата...	69

6.2	Анализ порога безубыточности.....	76
6.3	Расчет коммерческой эффективности проекта.....	77
6.4	Расчет общественной эффективности проекта.....	78
6.5	Выводы и анализ полученных экономических показателей.....	83
	Заключение.....	85
	Список используемых источников.....	86
	Приложение А	88

ВВЕДЕНИЕ

Весь Мир занят решением экологических проблем больших и малых городов от вредных выбросов производимых автотранспортом. Российская Федерация находится в лидерах, опережая многие мировые страны по количеству выбрасываемых в атмосферу ядовитых производных от автомобилей. По данным Мчскомприроды, на каждого москвича выбросы автотранспорта загрязняющих веществ ежегодно составляют по 120 кг. Количество автомобилей в Москве увеличивается и приближается к 3-ем миллионам, отсюда не сложно рассчитать экологический ущерб от сгорания 1 тонны топлива, он равен 880 тыс. рублей. Альтернативный вид топлива, применяемы в автомобилях, газ. Его выбросы не наносят существенного вреда окружающей среде.

Произвести перевод автомобиля на газовое топливо – наилучший способ с минимальными изменениями сделать его безвредным для экологии. Автомобили, которые загрязняют атмосферу, отравляют людей и весь животный мир, не имеют право находиться на дорогах страны.

В последнее время производители авто-комплектующих, непосредственно работающие с альтернативными топливными системами, создали абсолютно новые конструкции устройств, которые работают на сжатом или сжиженном природном газе - метане (КПГ СПГ) и сжиженном нефтяном пропан-бутане (СНГ).

Такие современные газотопливные системы питания, выбирая газ, как экологически чистое топливо значительно снижают вредные выбросы автомобилей, а также применяя специальные устройства, позволяющие дожигать продукты неполного сгорания топлива, снижают экологический ущерб.

Таким образом, целью работы является адаптация транспортного средства для работы на CNG. В качестве транспортного средства выступает каркасно-модульный автомобиль «СЕРЖАНТ». Задачей проекта являлось:

- техническое обоснование эффективности применения на дизельном автомобиле – CNG. Подтверждение расчетами;
- анализ влияния применения CNG на элементы конструкции автомобиля (в частности трансмиссию, силовой агрегат, КПП);
- анализ базовых требований к установке ГБО на автомобиль.

На рисунке 1 представлена структура автомобиля «СЕРЖАНТ». Разработанная структура каркаса кузова может быть упакована подетально вместе со всем комплектом узлов и агрегатов.

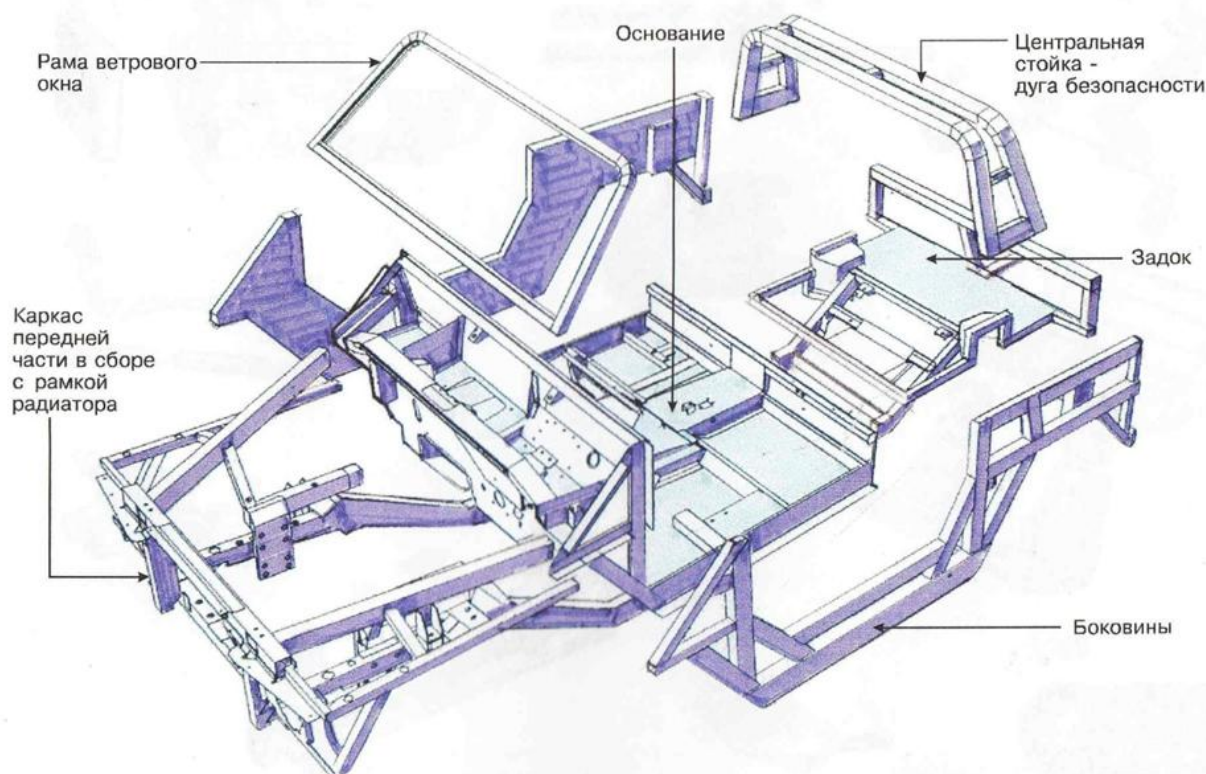


Рисунок 1 – Структура автомобиля «СЕРЖАНТ»

Автомобиль «СЕРЖАНТ» комплектуется серийными деталями. На рисунке 2 представлены комплектующие серийного производства для автомобиля «СЕРЖАНТ».

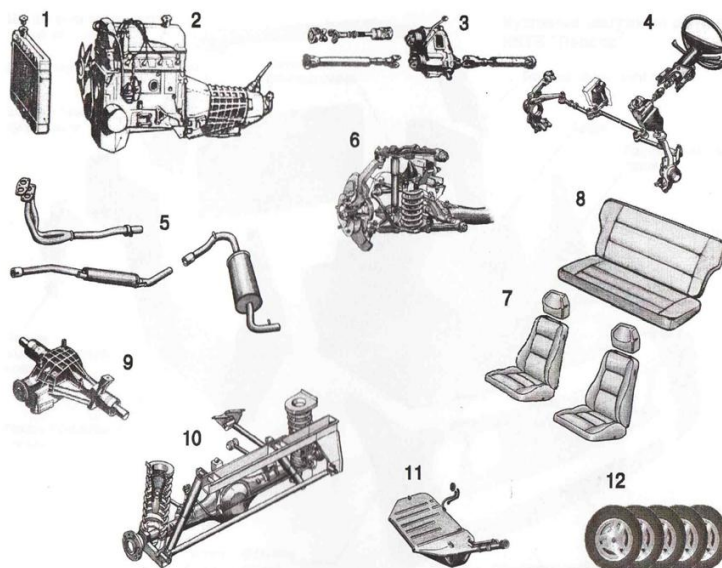


Рисунок 2 – Комплектующие серийного производства для автомобиля
«СЕРЖАНТ»

Все детали используемы на автомобиле имеют сертификат качества:

1. Радиатор;
2. Силовой агрегат в сборе с коробкой передач;
3. Раздаточная коробка с карданными валами;
4. Рулевой механизм в сборе;
5. Дополнительный и основной глушители;
6. Передняя подвеска;
7. Переднее сиденье;
8. Заднее сиденье;
9. Привод передних колес;
10. Задняя подвеска с мостом;
11. Топливный бак;
12. Колеса в сборе.

1 Состояние вопроса

1.1 Характеристики альтернативных топлив

Альтернативными топливами называют топлива, которые не являются продуктами после переработки нефти. Применяются для заправки автомобилей, за исключением дизельного топлива и бензина. Иногда модифицированные топлива: дизельное топливо и бензин называют альтернативным топливом. Группа альтернативных топлив представлена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Группа альтернативных топлив

1. Альтернативные источники энергии	
Природный газ (метан)	CH_4
Пропан	C_3H_8
Бутан	C_4H_{10}
Метанол	CH_3OH
Этанол	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
Водород	H_2
Диметил-эфир	CH_3OCH_3
Электрическая энергия	
2. Производные нефти	
3. Модифицированный бензин	
4. Модифицированное дизельное топливо	

Любое альтернативное топливо имеет как недостатки, так и преимущества, важными среди которых считаются:

- издержки производства;
- доступность для потребителя;
- влияние выбросов на окружающую среду;
- приспособление силового агрегата к питанию новым топливом;
- одобрение потребителем;
- безопасность использования.

Например, этанол очень широко применяется, как смесь состоящая из 90% объемной доли бензина и 10% этанола. Также этанол и природный газ хорошо приняты потребителями. В свою очередь водород считается наиболее „чистым топливом" и до сих пор не является достаточно распространенным, потому что отсутствуют применяемые технические решения для использования. Это, в частности, касается решений по размещению водорода на борту автомобиля. Нерешенной технической задачей является также получение водорода в промышленных масштабах при достаточно малых затратах. Ряд существующих технологий получения водорода основывается на использовании нефти в качестве исходного сырья. Эта ситуация лишает смысла применение водорода в качестве моторного топлива; смысл появится в том случае, если будут найдены экономичные способы получения водорода из воды или на основе использования возобновляемых источников энергии. Электрический привод считается одним из чистых источников энергии, применяемым в средствах транспорта, однако цены электромобилей намного выше, чем цены автомобилей, заправляемых обычными топливами.

Следует иметь также в виду, что при рассмотрении вредных выбросов за весь цикл применения водорода, включая составляющую цикла по выработке электроэнергии, используемой при электролизе воды, привлекательность применения водорода в значительной мере теряется. Только в случае работы электростанций на природном газе, а не на угле, привлекательность водорода в качестве "чистого" топлива оказывается вне сомнения. Следует при этом также иметь в виду, что установленные мощности силового агрегата на автомобилях на порядок превосходят мощности электрических станций, работающих на различных топливах. Применение модифицированных бензинов в значительной степени снижает уровень эмиссии токсических компонентов отработавших газов и дает соизмеримые эффекты в охране окружающей среды по сравнению со стандартным бензином.

По сравнению с бензином и дизельным топливом альтернативные топлива имеют три преимущества, которые представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 - Основные критерии оценки альтернативных топлив

№	Критерии	Определение зависимости
1.	Эмиссия - смог	Уменьшается эмиссия токсических компонентов отработавших газов
2.	Энергетическая независимость	Производство топлива из собственных сельскохозяйственных продуктов и ископаемых ресурсов
3.	Эксплуатационные издержки	Некоторые альтернативные топлива обеспечивают низкие эксплуатационные издержки автомобильного транспорта

Поэтому, во-первых:

- собственное сырье для производства альтернативных топлив делает данное государство энергетически независимым от импортной нефти и не зависит от политических проблем (отсутствие дипломатических отношений, военное положение и т.п.). Природный метан можно получить из природного газа или органических материалов, таких как: уголь, сельскохозяйственные отходы, мусор и т.п. Этанол - из сельскохозяйственных продуктов: картофеля, сахарной свеклы, сахарного тростника.

Растительные топлива и их сложные эфиры можно получить из семян сои, рапса, подсолнечника, льна, плодов кокосовой пальмы.

Электрическую энергию получают после преобразования тепловой энергии, полученной в результате сгорания угля, природного газа, нефтяных продуктов. Электрическую энергию производят также на гидроэлектростанциях, ветровых и атомных электростанциях.

Водород можно получить из воды в результате ее электролиза, а также из других углеводородных топлив и биомассы.

Во-вторых:

- альтернативные топлива снижают эмиссию вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу с продуктами сгорания. Это относится ко всем альтернативным топливам.

На рисунке 1.1 представлены молекулярные структуры нескольких топлив. Следует отметить, что молекулы метана (из природного газа), пропан-бутана (БРО), метанола и этанола по своей структуре более простые по сравнению с другими, представленными на рисунке. Остальные молекулы являются типичными сопутствующими бензина.

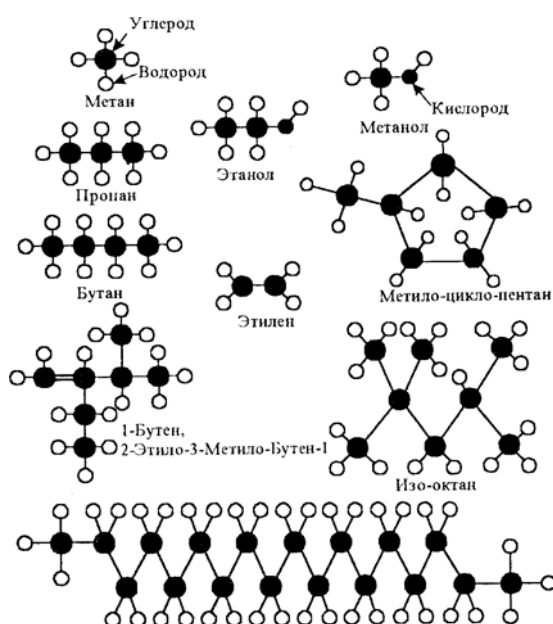


Рисунок 1.1 - Молекулярные структуры различных топлив

Более простая структура, а также незначительные размеры молекул способствуют более "чистому сгоранию" топлива.

Сложная структура и меньшие размеры молекул топлива, в процессе распада во время их сгорания, снижают промежуточные химические соединения, которые в свою очередь являются токсическими. Процесс сгорания альтернативных топлив образует окиси углерода в наименьшем количестве, сравнивая его с бензином. В связи с этим метан, пропан, бутан, метанол, этанол и водород менее загрязняют воздух во время их сгорания, как дизельное топливо и бензин.

Во время производства электрической энергии на электростанции проще управлять технологическим процессом (принимая во внимание оптимизацию токсических компонентов отработавших газов), чем в отдельных силовых агрегатах автомобилей.

В-третьих:

- в окончательном расчете существенным являются затраты на эксплуатацию силовых агрегатов транспортных средств. Применение природного и сжиженного газов снижает стоимость эксплуатации автомобилей. По производственным затратам, в случае его массового производства, метанол может конкурировать с бензином.

Метанол и водород на сегодняшний день по сравнению с другими альтернативными топливами являются слишком дорогими топливами, для того чтобы их применять широко для питания автомобилей. Однако введением соответствующих законов и применением определенных экономических стимулов (государственные дотации, освобождение от налогообложения и т.п.) цены водорода и спиртов можно значительно снизить. В последнее время стоимость электромобилей не является конкурентной по отношению к ценам автомобилей, заправляемых другими альтернативными источниками энергии. Транспортные средства с электрическим приводом будут более конкурентоспособными в случае увеличения эффективности и энергоемкости аккумуляторов. Применение альтернативных топлив должно в глобальном расчете, благодаря снижению эмиссии токсических компонентов отработавших газов, обеспечить более низкую стоимость эксплуатации автомобилей.

Из анализа известных данных по применению альтернативных топлив показывает, что группа топлив: природный газ, пропан и метан - сравнимы по цене со стандартными топливами. В зависимости от политики различных государств, цены на альтернативные топлива отличаются друг от друга.

1.2 Альтернативные топлива, имеющие наибольшее значение

На рисунке 1.2 представлены данные доклада Morse на тему: "Автомобиль и загрязнение атмосферы", опубликованного американским Департаментом торговли, в котором приводится сравнение удельных показателей мощности и хранения энергии при различных системах питания автомобилей.

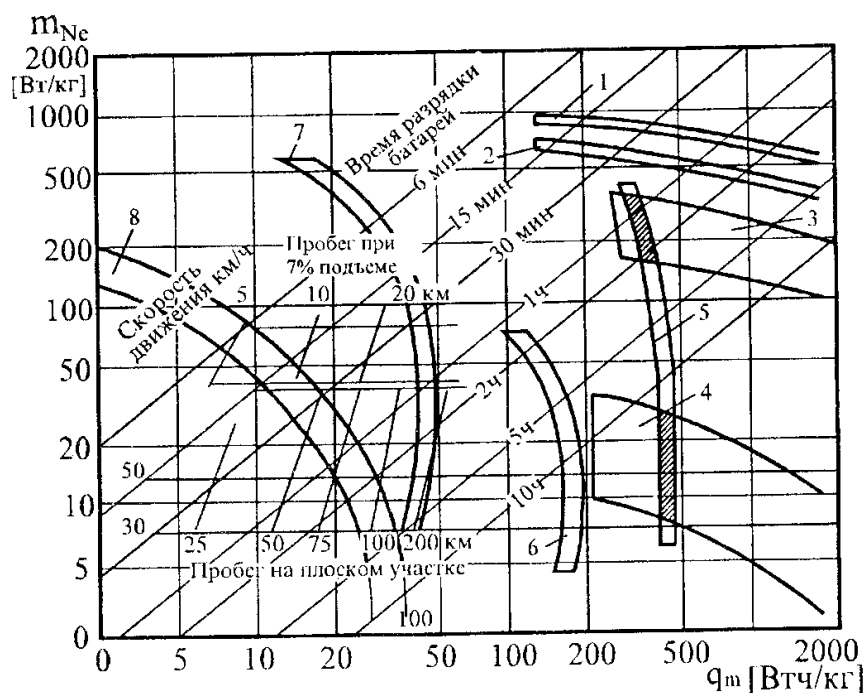


Рисунок. 1.2 - Удельные показатели мощности и хранения энергии при различных приводах: m_{Ne} - удельная масса силового агрегата, определяющая отношение мощности силового агрегата к его массе, q_m - номинальный удельный массовый показатель источника энергии, определяемый как энергия, получаемая из 1 кг источника, 1 - газовая турбина, 2 - силовой агрегат внутреннего сгорания, 3 - силовой агрегат с внешним сгоранием, 4 - электрический генератор с топливным элементом, 5 - электрический генератор с хлор-литиевыми аккумуляторами, 6 - электрический генератор с никель-цинковыми аккумуляторами и воздушной деполяризацией, 7 - электрический генератор с никель-кадмиевыми аккумуляторами, 8 - электрический генератор со свинцовыми аккумуляторами

Из приведенных данных следует, что самый безвредный для окружающей среды способ применения аккумуляторов, характерен неблагоприятными весовыми показателями источника энергии, что препятствует его широкому применению на автомобилях. В настоящее время, учитывая различные аспекты, к самым перспективным альтернативным топливам следует отнести:

- 1) сжатый и сжиженный природный газ (CNG, LNG);
- 2) спирты;
- 3) "gazohol", производимый в Бразилии, как смесь бензина и метилового спирта;
- 4) LPG, состоящий в основном из C_3H_8 , с примесью бутана C_4H_{10} и этана C_2H_6 , и даже пентана C_5H_{12} ;
- 5) растительные масла и их эфиры;
- 6) генераторный газ или синтез-газ (смесь водорода, окисей углерода и азота);
- 7) синтетические углеводороды, в основном из угля.

При применении альтернативных топлив, следует учитывать следующие аспекты:

- эффективность мероприятия (издержки, связанные с конструктивными изменениями в силовом агрегате автомобиля);
- удобство эксплуатации; - воздействие на окружающую среду (процесс биодegradации).

К альтернативным топливам, не нефтяного происхождения, следует отнести: битуминозные сланцы, смолу, природный газ, уголь, спирты, атомную энергию, а также солнечную энергию, запасенную в виде биомассы. В настоящее время можно сказать, что вышеперечисленные энергоносители не соответствуют всем требованиям, которые ставят перед ними транспортные средства. Эти энергоносители в первичной форме не все пригодны для

массового использования в силовых агрегатах. Чтобы использовать их в качестве топлива необходимо преобразовать первую форму, к примеру, в спирты (метиловый, этиловый и их производные), синтетический бензин, дизельное топливо. Найти применение могут метан, сжиженный газ, водород, электрическая энергия. На рисунке 1.3 представлена энергетическая цепь производства и потребления различных топлив на примере легкового автомобиля Фольксваген Гольф.

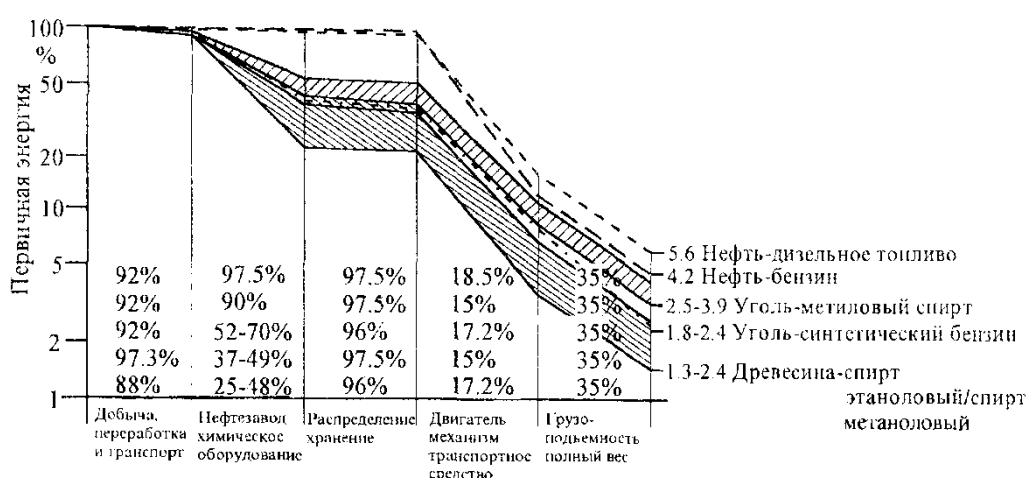


Рисунок 1.3 - Энергетическая цепь отдельных этапов производства и потребления различных источников первичной энергии топлив.

Оценка вторичных энергоносителей, проводимая с точки зрения применения их в качестве топлива в силовых агрегатах, должна учитывать вышеперечисленные аспекты.

2 Исследование достигнутого уровня техники силового агрегата для работы на природном газе

Обоснование необходимости проведения патентного исследования

К современным силовым агрегатам, в последнее время предъявляются повышенные требования по токсичности и экономичности. Одним из путей уменьшения токсичности ДВС является использование альтернативных бензину топлив. По оценкам специалистов одним из наиболее перспективным топливом, в ближайшие 50 лет, является природный газ (метан). Выявить прогрессивные решения, которые могут лечь в основу конструкции ДВС работающего на природном газе, можно в результате исследования достигнутого уровня технического развития в данной области техники.

Описание объекта

Система питания рядного, 4-х цилиндрового дизельного силового агрегата, рабочим объемом 1,5 л. представляет собой «классическую» систему питания и включает в себя все преимущества таких систем для силовых агрегатов с воспламенением рабочей смеси от сжатия. Номинальная мощность силового агрегата при работе на дизельном топливе 39 кВт, степень сжатия 23.

Организация программы исследования

Целью организации программы исследования объекта по уровню техники «Система питания конвертированного дизельного силового агрегата для работы на природном газе» - обеспечение достаточной полноты и достоверности проведения исследования, используя минимальные затраты.

Определение цели исследования

Цель исследования достигнутого уровня развития вида техники «Система питания конвертированного дизельного силового агрегата для работы на природном газе» является за счет устранения его недостатков усовершенствовать исследуемый объект.

Выбор стран проверки, обоснование выбора

Объект подвергаемый исследованию принадлежит к области автомобилестроения. Страны - лидеры в данной области являются Япония, США, Франция, Германия. Необходимо отметить, что за последние 10 лет из-за подъема экономики помимо признанных лидеров в автомобиле и двигателестроения к лидерам можно причислить и такие страны как Италия и Китай. Использование этой системы предполагается и в России. Следовательно выбираем в качестве проверки следующие страны: Россия, Китай, США, Япония, Италия, Германия, Франция.

Оценка объема, вида и наличия патентной документации стран проверки

ТГУ в патентно-лицензионном отделении имеется полный фонд толкований к авторским патентам и свидетельствам, реферативных сборников и бюллетеней.

Электронные ресурсы на сайтах [https:// uspto.gov](https://uspto.gov), <https:// fips.ru>.

Определение видов промышленной собственности, подлежащих проверке

Мы будем исследовать не только изобретения из всех видов промышленной собственности, имеющих защиту в странах проверки, но и литературу относящуюся к научно-технической части, потому что в ней представлен наиболее современный уровень техники. Так как только полезные модели и изобретения относящиеся к отрасли промышленной собственности охватывают технические решения, во внимание при исследовании патентоспособности из всех форм промышленной собственности, защищаемых в странах проверки, принимаем во внимание только их.

Определение категории объекта

Устройство питания конвертированного дизельного силового агрегата для работы на природном газе характеризуется различными элементами, входящих в ее состав, их расположением и взаимодействием. Это признаки устройства, а признаки способа и вещества отсутствуют. Отсюда следует вывод: как объект силовой агрегат внутреннего сгорания является устройством.

Выявление технических решений используемых в объекте

Изучаемый объект – Система питания конвертированного дизельного силового агрегата для работы на природном газе:

- а) взаимное расположение элементов систем;
- б) использование в системах деталей и устройств от других схожих топливных систем, которые уже производятся;
- в) конструкция в целом.

Система, подвергнутая усовершенствованию, может содержать не только приведенные, но и технические решения другого направления.

Определение и подбор технической документации на объект

Задача этого этапа – осуществить подбор технической документации на исследуемый объект, которая показывает или описывает ИТР, отобранные ранее, с исчерпывающей полнотой.

Будем проводить исследование по технической документации приведенной ниже:

- представление к авторским свидетельствам;
- описание объекта.

Определение ИТР в зависимости от цели усовершенствования объекта

Технические решения предназначенные для достижения цели усовершенствования следующие: использование элементов и деталей готовых в производстве, взаимное расположение элементов, конструкция в целом.

Составление регламента поиска

Формулировка индексов УДК ИТР и рубрик МКИ. Для определения рубрик МКИ ИТР необходимо выделить ключевые слова. Алфавитно-предметный указатель, позволяет определить предполагаемую рубрику F 01-02. Индекс УДК 621 определяется по «Указателю к универсальной десятичной классификации».

Введение глубины поиска

Проведенный общий анализ состояния автомобилестроения и вида техники показывает, что наиболее прогрессивные технические решения содержатся в изобретениях сделанных в последние 5-15 лет. Отсюда глубина поиска при исследовании достигнутого уровня развития техники - 15 лет (2003-2018).

Определение источников информации

Выбираем источники информации при исследовании – принимаем все источники, которые указаны в п. 2.15

Поиск материалов имеющих отношение к объекту. Выбор вида поиска

Ввиду того, что ИТР относится к нескольким рубрикам МКИ, то выбираем тематический (предметный) вид поиска.

Выбор патентно-технической документации, имеющей отношение к ИТР

Сведения о ТР, имеющих отношение к ИТР, применяемых к рассмотрению, заносим в таблицу 2.1. для этого просматриваем источники информации с регламентом поиска. Производим выбор таких документов, по названиям которых можно сделать вывод, что они имеют отношение к ИТР. По этим документам знакомимся с аннотациями, рефератами, чертежами и формулами изобретений.

Анализ сущности технических решений

Изучаем сущность технических решений, занесенных в таблицу 2.2, а также путем просмотра текстов патентных описаний, статей и т.п. Если из рассмотрения сущности ТР видно, что оно решает принципиально иную задачу, которую решает ИТР, документ исключаем из рассмотрения. Если видно, что ТР решает ту же или близкую задачу, документ включаем в перечень для анализа.

Регламент поиска

Объект: Система питания конвертированного дизельного силового агрегата для работы на природном газе

Вид исследования: Анализ достигнутого уровня в развитии вида техники.

Таблица 2.1 – Сведения о странах поиска

Предмет поиска (ИТР)	Страны поиска	Индексы МКИ и УДК	Глубина поиска, лет	Источники Информации
Газовый силовой агрегат	США, Германия, Россия, Франция, Япония, Италия, Китай	МКИ F 01, 02, УДК 621.4	(2003- 2018 г.г.)	Журналы и книги по двигателям внутреннего сгорания. Представление к авторским патентам и свидетельствам. «Бюллетень, изобретения» Электронные ресурсы на сайтах. https:// uspto.gov , https:// fips.ru . «Двигатели внутреннего сгорания» Реферативный журнал ВНИТИ

Определение показателей положительного эффекта

а) Данные, обеспечивающие достижение цели усовершенствования объекта: упрощение конструкции и повышение экономичности.

б) Данные, не помогающие достичь цели, но увеличивавшие полезные свойства для объекта: увеличение эксплуатационных возможностей.

В таблице 4.3 представляются показатели положительного эффекта.

Сравнительный анализ недостатков и преимуществ прототипа и ИТР

Оценка обеспечения показателей положительного эффекта прототипа и ИТР в баллах от -4 до +4. Оценки ИТР представляются в таблице 2.3.

Таблица 2.2 – Информация научно-техническая отобранная для анализа

Предмет Поиска(ИТР)	Страна выдачи, вид и номер охранного документа, Классификационный индекс	Автор, заявитель, страна, дата приоритета, дата публикации, название	Сущность технического решения и цель его создания	Подлежит (не подлежит) детальному исследованию
1 Газовый силовой агрегат	Китай УДК 621.433	Газовый силовой агрегат с электронным управлением. Xra Yuan, Xhou Xide (College of Mechanical and Electrical Engineering, Northern Jiaotong Univ., Beijing 100044, China). Yiqi yibiao xuebao= Chin. J. Sci. Instrum. 2004. 22, № 3, с. 292-295, 299, 8 ил. Библ. б. Кит.; рез. англ.	Одним из путей снижения токсичности ОГ является разработка газовых силовых агрегатов, способных работать на природном газе. Основной трудностью при создании таких силовых агрегатов остается конструирование системы впрыскивания топлива с электронным управлением. Рассмотрены базовые принципы, на основе которых разработаны программное обеспечение и топливоподающая аппаратура для экспериментального газового силового агрегата. Исследования, проведенные на силовом агрегате, показали значительное снижение токсичности ОГ.	Неподлежит
2 -//-	Германия УДК 621.433	Двигатели Mercedes - Benz для работы на природном газе. Nutzfahrzeuge mit Flussiggas-Antrieb im Einsatz // IKZ-Haustechn.— 2003.- 54, № 22.-С. 82-83.- Нем.	Фирма Mercedes-Benz разработала силовые агрегаты для работы на природном газе. Четыре автомобиля фирмы Progas GmbH с этими силовыми агрегатами проходят опытную эксплуатацию.	Неподлежит

3 -//-	Италия УДК 621.433	Газовый автомобиль Multipla Bipower фирмы Fiat. Erdgas-mobil Multipla Fiat Bupower // AMZ: Auto, Mot., Zubehor— 2003— 88, № 9— С. 40.— Нем. Место хранения ГПНТБ России	В настоящее время в Италии около 300000 автомобилей эксплуатируются на природном газе. Выпущенный фирмой Fiat автомобиль содержит 4-цилиндровый силовой агрегат способный работать на бензине и на газе. Мощность силового агрегата на бензине - 76 кВт, на газе - 70 кВт. Силовой агрегат может переключаться с одного топлива на другое без остановки автомобиля. Макс. скорость автомобиля на бензине 168 км/ч, на газе 157 км/ч. Разгон 13,5 и 16 с соответственно. Запас хода автомобиля при работе на двух топливах составляет 930 км	Неподлежит
4 -//-	Германия УДК 621.433	Газовый силовой агрегат. Gasmotoren-Baureihe erweitert // F + H: Fordern und Heben.-2011.- 50, № 5.- С. 574.- Нем.	Фирма Guitel MPR Rollen GmbH разработала новый V-образный 10-цилиндровый газовый силовой агрегат WSG 1068 с $iVh = 6,8$ л. Работа на сжатом природном газе происходит при $Ne = 177$ кВт (3600 мин^{-1}), $Me = 478$ Нм (3400 мин^{-1}). Силовой агрегат выполнен с головками цилиндров из алюминиевого сплава и механизмом для уравнивания сил инерции второго порядка.	Неподлежит
5 -//-	Германия УДК 621.433	Легковой автомобиль с газовым силовым агрегатом. Erdgas fur den Zafira. Autofachmann. 2005, Ns 2, с. 7. Нем.	Фирма OSV (Opel Special Vehicles), являющаяся дочерней фирмы Opel, выпускает автомобиль Zafira с газовым силовым агрегатом Ecotec-Motor, работающим на природном газе. Рабочий объем силового агрегата 1,6 л, степень сжатия 12,5. Значения $Ne=74$ кВт и $Me = 150$ Нм не снижены по сравнению с бензиновым вариантом. Расход газа на 100 км составляет 5,5 кг. Стоимость газа для такого пробега - 7,43 немецких марки. На автомобиле установлено 4 газовых баллона емкостью 111 л (21 кг). В Германии открыты первые 200 газозаправочных станций против 8000 станций для бензина и дизельного топлива.	Неподлежит

Продолжение таблицы 2.2

6. Газовый силовой агрегат	Италия. Заявка 0922843 МПК ⁶ F 02 D 19/06	Силовой агрегат для работы на газе. Fuel feeding system and way for an internal engine combustion able to be operated selectively with gas: ЕПВ, Ferrera Massimo, Gozzelino Ricardo, Perotto Aldo; C. R. F. Soc. Consortile per Azioni.— № 98830733.6; Заявл. 4.12.98; Оpubл. 16.6.2005	Патентуемая двойная система питания предназначена для силового агрегата, способного переключаться с работы на газе на работу на жидком топливе. Система состоит из обычной части с индивидуальными форсунками и газовой части, содержащей резервуар для газа с измерителем уровня, насос для подачи газа в напорную магистраль, к которой подключены индивидуальные газовые форсунки, и линии возврата избытка газа из напорной магистрали в резервуар. В случае остановки силового агрегата и отсутствия газа в резервуаре последующий пуск и работа автоматически осуществляются на бензине.	Подлежит
7. Газовый силовой агрегат	Великобритания. Заявка 2345729, МПК ⁷ F 02 D 19/06, В 60 К 15/063.	Газовый Силовой агрегат. Multiple fuel vehicle: <i>BG Intellectual Property Ltd, Brightwell Alan, Wedge Philip John, Dames Russell John</i> (William Illingworth-Law BG pie, Intellectual Property Department, 100 Thames Valley Park Drive, READING, Berkshire, RG6 1PT, United Kingdom). № 99309.1; Заявл. 24.12.1999; Оpubл. 19.07.2004: НПК FIB. Англ.	В развитие двух предыдущих патентов патентуется легковой автомобиль с силовым агрегатом способным работать на газовом топливе. Для этого вида топлива предусмотрен расположенный под днищем баллон.	Подлежит

Продолжение таблицы 2.2

8. Газовый силовой агрегат	США. Пат. 5915365. МПК ⁶ F 02 M 21/04	Газовый силовой агрегат. Combined system using a vaporous fuel mixture energy source and an internal combustion engine and method therefor: Meisinger Phil, Stinson Gene E., Wheeler Edwin W.; Engine World, Inc.— № 08/840206; Заявл. 11.4.07; Оpubл. 29.6.2012; НПК 123/527	Патентуется газовый силовой агрегат для работы на природном газе. Представлено детальное описание системы, подготовка газозодушнoй смеси, меры по повышению эффективности работы, экономические аспекты применения силового агрегата и ряд других вопросов. Патентная формула содержит 90 пунктов.	Подлежит
----------------------------	--	---	--	----------

Таблица 2.3 – Оценка недостатков и преимуществ прототипа и ИТР

	Показатели положительного эффекта	ИТР	Аналоги		
			Великобритания. Заявка 2345729, МПК7 F 02 D 19/06, В 60 К 15/063.	Италия. Заявка 0922843 МПК ⁶ F 02 D 19/06	США. Пат. 5915365. МПК6 F 02 М 21/04
1	2	3	4	5	6
1.	Показатели, обеспечивающие достижение цели усовершенствования				
	Снижение токсичности	0	0	0	0
	Мощностные показатели ДВС	0	0	-1	-1
	Динамические показатели ДВС	0	-1	0	0
	Степень сжатия	11	-	-	-
	Габариты системы	0	1	1	1
	Снижение стоимости	0	-1	-1	-1
2.	Данные, косвенно помогающие достичь цель				
	Усовершенствование технологичности конструкции	0	0	0	-1
	Прочность/исправность системы	0	1	0	0
3.	Данные, увеличивающие полезность свойств объекта				
	Увеличение эксплуатационных способностей	0	0	1	0
	Ремонтопригодность и обслуживание	0	-1	-1	-1
4.	Показатели, ослабляющие вредные свойства объекта				
	Уменьшение трудоемкости	0	0	0	0
	Упрощение конструкции	0	0	0	0
Суммарный положительный эффект		0	-1	-1	-3

Описание усовершенствованного объекта

Система подачи природного газа управляется электронным блоком управления (ЭБУ), который передает необходимые сигналы исполнительному устройству – регулятору подачи газа, на основании опроса датчиков электрической системы управления силовым агрегатом (ЭСУД). Главной особенностью ЭСУД является наличие двух датчиков: датчика частоты вращения коленчатого вала силового агрегата и датчика положения топливной рейки ТНВД. Вследствие того, что у дизельного силового агрегата качественное регулирование, а следовательно отсутствует дроссельная заслонка, то расход воздуха необходимый для определения цикловой подачи топлива с заданным коэффициентом избытка воздуха определяется по датчику частоты вращения коленчатого вала. Нагрузка на силовой агрегат определяется по положению топливной рейки ТНВД. ЭБУ обрабатывая сигнал с указанных выше датчиков формирует сигнал на исполнительный механизм. Регулятор подачи газа представляет собой устройство, состоящее из корпуса, шагового двигателя и клапана. Шаговый двигатель получив сигнал от ЭБУ изменяет положение штока клапана и тем самым изменяет проходное сечение клапана, а следовательно изменяет расход газа. Основным преимуществом такой системы регулирования подачи газа является простота исполнения в совокупности с достаточной точностью регулирования подачи топлива. Вследствие, закритического перепада давления на клапане, влияние параметров во впускном коллекторе на характеристику подачи топлива – минимально. Следует отметить, что такая система может работать без датчика температуры т.к. изменение мощности из-за изменения плотности газа компенсируется необходимым положением топливной рейки и всережимным регулятором ТНВД.

Формулирование рекомендаций и выводов

Задачей данного этапа является выработка, по итогам исследования достигнутого уровня вида техники, окончательных выводов.

Заключение по результатам исследования достигнутого уровня техники

Как показало исследование: предложенный усовершенствованный объект «Система питания дизельного силового агрегата для работы на природном газе» соответствует уровню развития этого вида техники.

3 Расчет газодизельного цикла

3.1 Тепловой расчет (по методике Гринивецкого-Мазинга) газодизельного цикла

$$\text{Коэффициент избытка воздуха } \alpha = \frac{1.4}{1.4} = \frac{1.4}{1.4}$$

Степень сжатия $\varepsilon = 23$

Тактность силового агрегата $\tau = 4$

$$\text{Частота вращения коленчатого вала } n = \frac{800}{4500} \cdot 2500 \text{ (rpm)}$$

Число цилиндров силового агрегата $i = 4$

Отношение радиуса кривошипа к длине шатуна $\lambda' = 0,31$

$j := 1 \dots 4$ - число разбиений n

$$n_N := n_3$$

3.1.1 Топливо

Будем считать, что добавка метана в количестве $m := 85\%$ будет изменять углеродное число топлива. Тогда, принимая это допущение, можно оценить теплотворную способность смеси метана и дизельного топлива, как "условного топлива" с молекулярным составом представленным ниже:

Дизельное топливо

$$C_D := 0.87 \quad H_D := 0.126$$

Низшая теплота сгорания

$$Hu_D := \left(33.91 \cdot C_D + 125.6 \cdot H_D - 2.51 \cdot 9 \cdot H_D \right) \cdot 1000 \quad Hu_D = 42480.96 \text{ (kJ/kg)}$$

Метан

$$C_M := 0.76 \quad H_M := 0.24 \quad m_T := 16 \text{ (kg/kmol)}$$

Низшая теплота сгорания

$$Hu_M := \left(33.91 \cdot C_M + 125.6 \cdot H_M - 2.51 \cdot 9 \cdot H_M \right) \cdot 1000 \quad Hu_M = 50494 \text{ (kJ/kg)}$$

Низшая теплота сгорания смеси 15% дизельно-газового топлива и 85% природного газа:

$$Hu := \frac{m}{100} \cdot Hu_D + \left(1 - \frac{m}{100} \right) \cdot Hu_M \quad Hu = 4.37 \times 10^4 \text{ (kJ/kg)}$$

Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг дизельного топлива

$$L_{0Д} := \frac{1}{0.208} \cdot \left(\frac{C_D}{12} + \frac{H_D}{4} \right) \quad L_{0Д} = 0.5 \text{ (kmol air/kg fuel)}$$

$$l_{0Д} := \frac{1}{0.23} \cdot \left(\frac{8}{3} \cdot C_D + 8 \cdot H_D \right) \quad l_{0Д} = 14.47 \text{ (kg air/kg fuel)}$$

Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг природного газа

$$L_{0М} := \frac{1}{0.208} \cdot \left(\frac{C_M}{12} + \frac{H_M}{4} \right) \quad L_{0М} = 0.59 \text{ (kmol air/kg fuel)}$$

$$l_{0М} := \frac{1}{0.23} \cdot \left(\frac{8}{3} \cdot C_M + 8 \cdot H_M \right) \quad l_{0М} = 17.16 \text{ (kg air/kg fuel)}$$

Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг смеси природного газа и дизельного топлива

$$L_0 := \frac{m}{100} \cdot L_{0Д} + \left(1 - \frac{m}{100} \right) \cdot L_{0М} \quad L_0 = 0.51 \text{ (kmol air/kg fuel)}$$

$$l_0 := \frac{m}{100} \cdot l_{0Д} + \left(1 - \frac{m}{100} \right) \cdot l_{0М} \quad l_0 = 14.87 \text{ (kg air/kg fuel)}$$

Количество горючей смеси

$$M_1 := \alpha \cdot L_0$$

$$M_1 = \begin{matrix} 0,72 \\ 0,72 \\ 0,72 \\ 0,72 \end{matrix} \text{ (kmol/kg fuel)}$$

Количество отдельных компонентов продуктов сгорания

$$M_{CO_2} := \frac{\frac{m}{100} C_D + \left(1 - \frac{m}{100} \right) C_M}{12} \quad M_{CO_2} = 0.07 \text{ (kmol CO}_2\text{/kg fuel)}$$

$$M_{H_2O} := \frac{\frac{m}{100} H_D + \left(1 - \frac{m}{100} \right) H_M}{2} \quad M_{H_2O} = 0.07 \text{ (kmol H}_2\text{O/kg fuel)}$$

$$M_{N_2} := 0.792 \cdot \alpha \cdot L_0$$

$$M_{N_2} = \begin{pmatrix} 0.57 \\ 0.57 \\ 0.57 \\ 0.57 \end{pmatrix} \text{ (kmol N}_2\text{/kg fuel)}$$

$$M_{O_2} := 0.208 \cdot (\alpha - 1) \cdot L_0$$

$$M_{O_2} = \begin{pmatrix} 0.04 \\ 0.04 \\ 0.04 \\ 0.04 \end{pmatrix} \text{ (kmol O}_2\text{/kg fuel)}$$

Общее количество продуктов сгорания

$$M_2 := M_{CO_2} + M_{O_2} + M_{H_2O} + M_{N_2}$$

$$M_2 = \begin{pmatrix} 0.76 \\ 0.76 \\ 0.76 \\ 0.76 \end{pmatrix} \text{ (kmol comb/kg fuel)}$$

3.1.2 Параметры окружающей среды

$$p_0 := 0.1 \text{ (MPa)} \quad p_k := p_0$$

$$T_0 := 293 \text{ (K)} \quad T_k := T_0 \quad T_r := \begin{pmatrix} 850 \\ 950 \\ 950 \\ 950 \end{pmatrix}$$

(K)- задаемся температурой остаточных газов

Давление остаточных газов

$$p_{rN} := 1.15 \cdot p_0 \quad p_{rN} = 0.115 \text{ (MPa)}$$

$$A_p := \frac{|p_{rN} - p_0 \cdot 1.035| \cdot 10^8}{|n_N|^2 \cdot p_0} \quad A_p = 0.5679$$

$$p_{rj} := p_0 \cdot \left[1.035 + A_p \cdot 10^{-8} \cdot |n_j|^2 \right] \quad p_r = \begin{pmatrix} 0.1039 \\ 0.107 \\ 0.115 \\ 0.1166 \end{pmatrix} \text{ (MPa)}$$

3.1.3 Процесс впуска

$$\Delta T_N := 20$$

$$A_T := \frac{\Delta T_N}{110 - 0.0125 \cdot n_N} \quad A_T = 0.37$$

$$\Delta T_j := A_T \cdot |110 - 0.0125 \cdot n_j| \quad \Delta T = \begin{pmatrix} 37.21 \\ 29.3 \\ 20 \\ 18.6 \end{pmatrix} \text{ (C)}$$

Плотность заряда на впуске

$$\rho_0 := \frac{p_0 \cdot 10^6}{287 \cdot T_0} \quad \rho_0 = 1.19 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

Потери давления на впуске если скорость на впуске $\omega_{\text{ВП}} := 100 \text{ m/s}$

$$A_n := \frac{\omega_{\text{ВП}}}{n_N} \quad A_n = 0.022222$$

$$\Delta p_{a_j} := \frac{2.8 \cdot A_n^2 \cdot |n_j|^2 \cdot \rho_0 \cdot 10^{-6}}{2} \quad \Delta p_a = \begin{pmatrix} 0.0005 \\ 0.0051 \\ 0.0166 \\ 0.0189 \end{pmatrix} \text{ (MPa)}$$

Давление в конце впуска

$$p_{a_j} := p_0 - \Delta p_{a_j} \quad p_a = \begin{pmatrix} 0.1 \\ 0.09 \\ 0.08 \\ 0.08 \end{pmatrix} \text{ (MPa)}$$

Для определения коэффициента остаточных газов для силового агрегата без наддува принимается $\phi_{\text{оч}} := 1$, а коэффициент дозарядки на номинальном скоростном режиме $\phi_{\text{доз}} = 1.0$.

$$\phi_{\text{доз}} := \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \quad \gamma_{r_j} := \frac{T_0 + \Delta T_j}{T_{r_j}} \cdot \frac{p_{r_j}}{\varepsilon \cdot \phi_{\text{доз}_j} \cdot p_{a_j} - \phi_{\text{оч}} \cdot p_{r_j}} \quad \gamma_r = \begin{pmatrix} 0.0185 \\ 0.0175 \\ 0.021 \\ 0.0219 \end{pmatrix}$$

Температура в конце впуска

$$T_{a_j} := \frac{T_0 + \Delta T_j + \gamma_{r_j} \cdot T_{r_j}}{1 + \gamma_{r_j}} \quad T_a = \begin{pmatrix} 339.64 \\ 333.1 \\ 326.12 \\ 325.27 \end{pmatrix} \text{ (K)}$$

Коэффициент наполнения

$$\eta_{v_j} := \frac{T_0}{T_0 + \Delta T_j} \cdot \frac{1}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{1}{p_0} \cdot \left| \phi_{\text{доз}_j} \cdot \varepsilon \cdot p_{a_j} - \phi_{\text{оч}} \cdot p_{r_j} \right| \quad \eta_v = \begin{pmatrix} 0.881 \\ 0.857 \\ 0.767 \\ 0.747 \end{pmatrix}$$

3.1.4 Процесс сжатия

Средние показатели адиабаты и политропы сжатия

$$k_1 := \begin{pmatrix} 1.3755 \\ 1.3761 \\ 1.3763 \\ 1.3768 \end{pmatrix} \quad n_1 := \begin{pmatrix} 1.375 \\ 1.376 \\ 1.376 \\ 1.377 \end{pmatrix} \quad T_a = \begin{pmatrix} 339.64 \\ 333.1 \\ 326.12 \\ 325.27 \end{pmatrix} \text{ (K)}$$

Давление в конце сжатия

$$p_{c_j} := p_{a_j} \cdot \varepsilon^{n_{1_j}} \quad p_c = \begin{pmatrix} 7.41 \\ 7.09 \\ 6.23 \\ 6.08 \end{pmatrix} \text{ (MPa)}$$

Температура в конце сжатия

$$T_{c_j} := T_{a_j} \cdot \varepsilon^{n_{1_j} - 1} \quad T_c = \begin{pmatrix} 1.1 \times 10^3 \\ 1.08 \times 10^3 \\ 1.06 \times 10^3 \\ 1.06 \times 10^3 \end{pmatrix} \text{ (K)}$$

Средняя молярная теплоемкость в конце сжатия:

а) свежей смеси воздуха

$$t_{c_j} := T_{c_j} - 273 \quad t_c = \begin{pmatrix} 827.69 \\ 809.89 \\ 787.19 \\ 787.77 \end{pmatrix} \text{ (C)}$$

$$mc_{vC_j} := 20.6 + 2.638 \cdot 10^{-3} \cdot t_{c_j} \quad mc_{vC} = \begin{pmatrix} 22.783 \\ 22.736 \\ 22.677 \\ 22.678 \end{pmatrix} \text{ (kJ/kmol deg)}$$

б) остаточных газов

$$\text{при } n = \begin{pmatrix} 800 \\ 2500 \\ 4500 \\ 4800 \end{pmatrix} \text{ (об/мин) и } t_c = \begin{pmatrix} 827.69 \\ 809.89 \\ 787.19 \\ 787.77 \end{pmatrix} \text{ (C)}$$

теплоемкость при $t_1 := 600 \text{ C}$

$$mc''_{vC1} := 24.014 \text{ (kJ/kmol deg)}$$

теплоемкость при $t_2 := 700 \text{ C}$

$$mc''_{vC2} := 24.44 \text{ (kJ/kmol deg)}$$

в) рабочей смеси

$$mc''_{vC_j} := mc''_{vC1} + |mc''_{vC2} - mc''_{vC1}| \cdot \frac{t_2 - t_{c_j}}{t_2 - t_1} \quad mc''_{vC} = \begin{pmatrix} 23.47 \\ 23.5459 \\ 23.6426 \\ 23.6401 \end{pmatrix} \text{ (kJ/kmo} \\ \text{l deg)}$$

$$mc'_{vC_j} := \frac{1}{1 + \gamma_{r_j}} \cdot |mc_{vC_j} + \gamma_{r_j} \cdot mc''_{vC_j}| \quad mc'_{vC} = \begin{pmatrix} 22.8 \\ 22.75 \\ 22.7 \\ 22.7 \end{pmatrix} \text{ (kJ/kmol deg)}$$

3.1.5 Процесс сгорания

Коэффициент молекулярного изменения горючей и рабочей смеси

$$\mu_{0_j} := \frac{M_{2_j}}{M_{1_j}} \quad \mu_0 = \begin{pmatrix} 1.05 \\ 1.05 \\ 1.05 \\ 1.05 \end{pmatrix} \quad \mu_j := \frac{\mu_{0_j} + \gamma_{r_j}}{1 + \gamma_{r_j}} \quad \mu = \begin{pmatrix} 1.05 \\ 1.05 \\ 1.05 \\ 1.05 \end{pmatrix}$$

Теплота сгорания рабочей смеси

$$H_{\text{раб.см.},j} := \frac{H_u}{M_{1_j} \cdot |1 + \gamma_{r_j}|} \quad H_{\text{раб.см.}} = \begin{pmatrix} 59610 \\ 59666.8 \\ 59461.1 \\ 59411.3 \end{pmatrix} \text{ (kJ/kmol mix)}$$

$$\xi := \begin{pmatrix} 0.7 \\ 0.8 \\ 0.82 \\ 0.8 \end{pmatrix} \text{ (коэф. использования теплоты)}$$

Средняя молярная теплоемкость продуктов сгорания и температура в конце сгорания

$$\text{при } n = \begin{pmatrix} 800 \\ 2500 \\ 4500 \\ 4800 \end{pmatrix} \text{ (об/мин)} \quad \lambda := 1.6$$

$t_Z := 1000$ $mc''_{vZ} := 1$ - начальное приближение (необходимо для решения системы уравнений)

Given - задаем систему уравнений (два уравнения)

$$mc''_{vZ} = \frac{1}{M_{21}} \cdot \left[M_{CO_2} \cdot \left[39.123 + 0.003349 \cdot t_Z \right] + M_{O_2} \cdot \left[23.723 + 0.00155 \cdot t_Z \right] \dots \right. \\ \left. + M_{H_2O} \cdot \left[26.67 + 0.004438 \cdot t_Z \right] \dots \right. \\ \left. + M_{N_2} \cdot \left[21.951 + 0.001457 \cdot t_Z \right] \right]$$

$$\xi_1 \cdot H_{\text{раб.см.}_1} + \left[mc'_{vC_1} + 8.315 \cdot \lambda \right] \cdot t_{c_1} + 2270 \cdot \left[\lambda - \mu_1 \right] = \mu_1 \cdot mc''_{vZ} \cdot t_Z$$

$x := \text{Find} \left[t_Z, mc''_{vZ} \right]$ - находим решение системы ур-й, т.е. определяем t_Z и mc''_{vZ}

$$x = \begin{pmatrix} 2415.4 \\ 28.76 \end{pmatrix}$$

$t_{Z1} := x_1$ $mc''_{vZ1} := x_2$ - решение системы уравнений

Given - задаем систему уравнений (два уравнения)

$$mc''_{vZ} = \frac{1}{M_{22}} \cdot \left[M_{CO_2} \cdot \left[39.123 + 0.003349 \cdot t_Z \right] + M_{O_2} \cdot \left[23.723 + 0.00155 \cdot t_Z \right] \dots \right. \\ \left. + M_{H_2O} \cdot \left[26.67 + 0.004438 \cdot t_Z \right] \dots \right. \\ \left. + M_{N_2} \cdot \left[21.951 + 0.001457 \cdot t_Z \right] \right]$$

$$\xi_2 \cdot H_{\text{раб.см.}_2} + \left[mc'_{vC_2} + 8.315 \cdot \lambda \right] \cdot t_{c_2} + 2270 \cdot \left[\lambda - \mu_2 \right] = \mu_2 \cdot mc''_{vZ} \cdot t_Z$$

$x := \text{Find} \left[t_Z, mc''_{vZ} \right]$ - находим решение системы ур-й, т.е. определяем t_Z и

$$x = \begin{pmatrix} 2566.04 \\ 29.05 \end{pmatrix} \quad t_{Z2} := x_1 \quad mc''_{vZ2} := x_2 - \text{решение системы уравнений}$$

Given - задаем систему уравнений (два уравнения)

$$mc''_{vZ} = \frac{1}{M_{23}} \cdot \left[M_{CO2} \cdot \left| 39.123 + 0.003349 \cdot t_Z \right| + M_{O2_3} \cdot \left| 23.723 + 0.00155 \cdot t_Z \right| \dots \right. \\ \left. + M_{H2O} \cdot \left| 26.67 + 0.004438 \cdot t_Z \right| \dots \right. \\ \left. + M_{N2_3} \cdot \left| 21.951 + 0.001457 \cdot t_Z \right| \right]$$

$$\xi_3 \cdot H_{\text{раб.см.}_3} + \left| mc'_{vC_3} + 8.315 \cdot \lambda \right| \cdot t_{c_3} + 2270 \cdot \left| \lambda - \mu_3 \right| = \mu_3 \cdot mc''_{vZ} \cdot t_Z$$

$x := \text{Find}(t_Z, mc''_{vZ})$ - находим решение системы ур-й, т.е. определяем t_Z и mc''_{vZ}

$$x = \begin{pmatrix} 2571 \\ 29.06 \end{pmatrix} \quad t_{Z3} := x_1 \quad mc''_{vZ3} := x_2 - \text{решение системы уравнений}$$

Given - задаем систему уравнений (два уравнения)

$$mc''_{vZ} = \frac{1}{M_{24}} \cdot \left[M_{CO2} \cdot \left| 39.123 + 0.003349 \cdot t_Z \right| + M_{O2_4} \cdot \left| 23.723 + 0.00155 \cdot t_Z \right| \dots \right. \\ \left. + M_{H2O} \cdot \left| 26.67 + 0.004438 \cdot t_Z \right| \dots \right. \\ \left. + M_{N2_4} \cdot \left| 21.951 + 0.001457 \cdot t_Z \right| \right]$$

$$\xi_4 \cdot H_{\text{раб.см.}_4} + \left| mc'_{vC_4} + 8.315 \cdot \lambda \right| \cdot t_{c_4} + 2270 \cdot \left| \lambda - \mu_4 \right| = \mu_4 \cdot mc''_{vZ} \cdot t_Z$$

$x := \text{Find}(t_Z, mc''_{vZ})$ - находим решение системы ур-й, т.е. определяем t_Z и mc''_{vZ}

$$x = \begin{pmatrix} 2537.19 \\ 28.99 \end{pmatrix} \quad t_{Z4} := x_1 \quad mc''_{vZ4} := x_2 - \text{решение системы уравнений}$$

$T_Z := t_Z + 273$

$$t_Z = \begin{pmatrix} 2415.4 \\ 2566 \\ 2571 \\ 2537.2 \end{pmatrix} \quad T_Z = \begin{pmatrix} 2688.4 \\ 2839 \\ 2844 \\ 2810.2 \end{pmatrix} \text{ (K)} \quad mc''_{vZ} = \begin{pmatrix} 28.76 \\ 29.049 \\ 29.059 \\ 28.994 \end{pmatrix} \text{ (kJ/kmol deg)}$$

Максимальное давление сгорания теоретическое

$$p_{Z_j} := p_{c_j} \cdot \lambda \quad p_Z = \begin{pmatrix} 11.863 \\ 11.349 \\ 9.972 \\ 9.728 \end{pmatrix} \text{ (MPa)}$$

Максимальное давление сгорания действительное

$$p_{ZД_j} := p_{Z_j} \quad p_{ZД} = \begin{pmatrix} 11.86 \\ 11.35 \\ 9.97 \\ 9.73 \end{pmatrix} \text{ (MPa)}$$

Степень повышения давления

$$\lambda_j := \frac{p_{Z_j}}{p_{c_j}} \quad \lambda = \begin{pmatrix} 1.6 \\ 1.6 \\ 1.6 \\ 1.6 \end{pmatrix}$$

Степень предварительного расширения

$$\rho_j := \frac{\mu_j \cdot T_{Z_j}}{\lambda_j \cdot T_{c_j}}$$

3.1.6 Процессы расширения и выпуска

Степень последующего расширения

$$\delta'_j := \frac{\varepsilon}{\rho_j} \quad \delta' = \begin{pmatrix} 14.37 \\ 13.38 \\ 13.08 \\ 13.25 \end{pmatrix}$$

Средние показатели адиабаты и политропы расширения

$$k_2 := \begin{pmatrix} 1.2545 \\ 1.2540 \\ 1.2532 \\ 1.250 \end{pmatrix} \quad n_2 := \begin{pmatrix} 1.254 \\ 1.254 \\ 1.25 \\ 1.25 \end{pmatrix} \quad T_Z = \begin{pmatrix} 2688.4 \\ 2839 \\ 2844 \\ 2810.2 \end{pmatrix} \text{ (K)}$$

Давление и температура в конце расширения

$$p_{b_j} := \frac{p_{z_j}}{(\delta'_j)^{n_{2_j}}}$$

$$p_b = \begin{pmatrix} 0.42 \\ 0.44 \\ 0.4 \\ 0.38 \end{pmatrix} \text{ (MPa)}$$

$$T_{b_j} := \frac{T_{z_j}}{(\delta'_j)^{n_{2_j}-1}}$$

$$T_b = \begin{pmatrix} 1366.26 \\ 1469.03 \\ 1495.43 \\ 1473.02 \end{pmatrix} \text{ (K)}$$

Проверка ранее принятой температуры остаточных газов и погрешность расчета

$$T_{r_j} := \frac{T_{b_j}}{\sqrt[3]{\frac{p_{b_j}}{p_{r_j}}}}$$

$$T_r = \begin{pmatrix} 857.79 \\ 917.92 \\ 986.31 \\ 989.22 \end{pmatrix} \text{ (K)}$$

$$\Delta_j := \frac{100 \cdot |T_{r_j} - T_{r_j}|}{T_{r_j}}$$

$$\Delta = \begin{pmatrix} 0.92 \\ -3.38 \\ 3.82 \\ 4.13 \end{pmatrix}$$

Температура остаточных газов принята удачно, так как ошибка не превышает 5 %

3.1.7 Индикаторные параметры рабочего цикла

Теоретическое среднее индикаторное давление

$$p'_{i_j} := \frac{p_{c_j}}{\varepsilon - 1} \left[\lambda_j \cdot (\rho_j - 1) + \frac{\lambda_j}{n_{2_j} - 1} \cdot \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_{2_j}-1}} \right) - \frac{1}{n_{1_j} - 1} \cdot \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_{1_j}-1}} \right) \right]$$

$$p'_i = \begin{pmatrix} 0.87 \\ 0.89 \\ 0.81 \\ 0.78 \end{pmatrix} \text{ (MPa)}$$

Среднее индикаторное давление если коэффициент полноты диаграммы

$$\phi_{\Pi} := 0.95$$

$$p_{i_j} := \phi_{\Pi} \cdot p'_{i_j}$$

$$p_i = \begin{pmatrix} 0.82 \\ 0.85 \\ 0.77 \\ 0.74 \end{pmatrix} \text{ (MPa)}$$

Индикаторный коэффициент полезного действия (КПД) и индикаторный удельный расход топлива

$$\eta_{i_j} := \frac{p_{i_j} \cdot l_0 \cdot \alpha_j}{H_u \cdot \rho_0 \cdot \eta_{v_j}} \cdot 1000$$

$$\eta_i = \begin{pmatrix} 0.38 \\ 0.4 \\ 0.4 \\ 0.4 \end{pmatrix}$$

$$g_{i_j} := \frac{3600}{H_u \cdot \eta_{i_j}} \cdot 1000$$

$$g_i = \begin{pmatrix} 219.54 \\ 207.99 \\ 205.6 \\ 207.7 \end{pmatrix} \text{ (g/kW*h)}$$

3.1.8 Эффективные показатели силового агрегата

$\underline{S} := 84 \text{ (mm)}$ – предварительный ход поршня

Средняя скорость поршня

$$v_{\text{пср}_j} := \frac{S \cdot n_j}{3 \cdot 10^4}$$

$$v_{\text{пср}} = \begin{pmatrix} 2.24 \\ 7 \\ 12.6 \\ 13.44 \end{pmatrix} \text{ (m/s)}$$

Среднее давление механических потерь

$$p_{M_j} := 0.089 + 0.0118 \cdot v_{\text{пср}_j}$$

$$p_M = \begin{pmatrix} 0.12 \\ 0.17 \\ 0.24 \\ 0.25 \end{pmatrix} \text{ (MPa)}$$

Среднее эффективное давление и механический КПД

$$p_{e_j} := p_{i_j} - p_{M_j} \quad \eta_{M_j} := \frac{p_{e_j}}{p_{i_j}} \quad \eta_M = \begin{pmatrix} 0.86 \\ 0.8 \\ 0.69 \\ 0.67 \end{pmatrix} \quad p_e = \begin{pmatrix} 0.71 \\ 0.68 \\ 0.53 \\ 0.49 \end{pmatrix} \text{ (MPa)}$$

Эффективный КПД и эффективный удельный расход топлива

$$\eta_{e_j} := \eta_{i_j} \cdot \eta_{M_j} \quad g_e := \frac{3600}{Hu \cdot \eta_e} \cdot 1000 \quad \eta_e = \begin{pmatrix} 0.32 \\ 0.32 \\ 0.28 \\ 0.26 \end{pmatrix} \quad g_e = \begin{pmatrix} 255.26 \\ 260.8 \\ 297.96 \\ 312.26 \end{pmatrix} \text{ (g/kW*h)}$$

3.1.9 Основные параметры цилиндра силового агрегата

Принимаем согласно прототипу: $D := 76 \text{ (mm)}$; $S = 84 \text{ (mm)}$

Уточнение основных параметров и показателей силового агрегата

$$V_L := \frac{\pi \cdot D^2 \cdot S \cdot i}{4 \cdot 10^6} \quad V_L = 1.524 \text{ (l)}$$

$$V_h := \frac{V_L}{i} \quad V_h = 0.38 \text{ (l)}$$

$$F_{\Pi} := \frac{\pi \cdot |D \cdot 10^{-3}|^2}{4} \quad F_{\Pi} = 0.00454 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$N_{e_j} := \frac{p_{e_j} \cdot V_L \cdot \eta_j}{30 \cdot \tau} \quad M_{e_j} := \frac{3 \cdot 10^4}{\pi} \cdot \frac{N_{e_j}}{\eta_j} \quad G_{T_j} := N_{e_j} \cdot g_{e_j} \cdot 10^{-3}$$

$$N_e = \begin{pmatrix} 7.21 \\ 21.46 \\ 30.24 \\ 29.99 \end{pmatrix} \text{ (kW)} \quad M_e = \begin{pmatrix} 86.06 \\ 81.98 \\ 64.18 \\ 59.66 \end{pmatrix} \text{ (N*m)} \quad G_T = \begin{pmatrix} 1.84 \\ 5.6 \\ 9.01 \\ 9.36 \end{pmatrix} \text{ (kg/h)}$$

Литровая мощность силового агрегата

$$N_{\text{Л}} := \frac{N_e}{V_{\text{Л}}} \quad N_{\text{Л}} = \begin{pmatrix} 4.73 \\ 14.08 \\ 19.84 \\ 19.67 \end{pmatrix} \text{ (kW/l)}$$

3.2 Построение индикаторной диаграммы

$\lambda' := 0.29$ - отношение радиуса кривошипа к длине шатуна

$$\text{step} := \frac{\pi}{180} \quad k := 1..720 \quad \text{OA} := \frac{S}{\varepsilon - 1} - \text{высота камеры сгорания}$$

$$S_{x_k} := \frac{S}{2} \cdot \left[\left(1 - \cos\left(\frac{k \cdot \pi}{180}\right) \right) + \frac{\lambda'}{4} \cdot \left(1 - \cos\left(\frac{k \cdot \pi}{180} \cdot 2\right) \right) \right] + \text{OA} \quad V_{x_k} := \frac{\pi \cdot S_{x_k} \cdot D^2}{4 \cdot 10^6}$$

$$k := 1..160 \quad k := 160..360 \quad p_{x_k} := p_0 - \text{впуск} \quad p_{x_k} := p_{a_3} \cdot \left(\frac{V_{x_{120}}}{V_{x_k}} \right)^{n_{1_3}} - \text{сжатие}$$

$$k := 360 + 15..600 \quad p_{x_k} := p_{b_3} \cdot \left(\frac{V_{x_{600}}}{V_{x_k}} \right)^{n_{2_3}} - \text{расширение}$$

$$k := 360..360 + 15 \quad p_{x_k} := p_{x_{360}} + \frac{p_{z_{д_3}} - p_{x_{360}}}{15} \cdot (k - 360) - \text{горение}$$

$$k := 600 - 60..600 \quad p_{x_k} := p_{x_{600-60}} - \frac{p_{x_{600-60}} - p_0}{55} \cdot [k - (600 - 60)] - \text{начало открытия выпускного клапана}$$

$$k := 600..720 \quad p_{x_k} := p_{x_{600}} - \frac{p_{x_{600}} - p_0}{180} \cdot (k - 600) - \text{выпуск}$$

График индикаторной диаграммы представлен на рисунке 3.1.

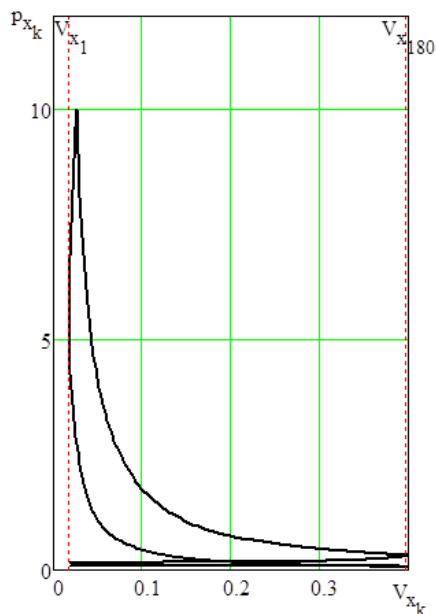


Рисунок 3.1 – Индикаторная диаграмма

На рисунке 3.2 показан график развернутой индикаторной диаграммы

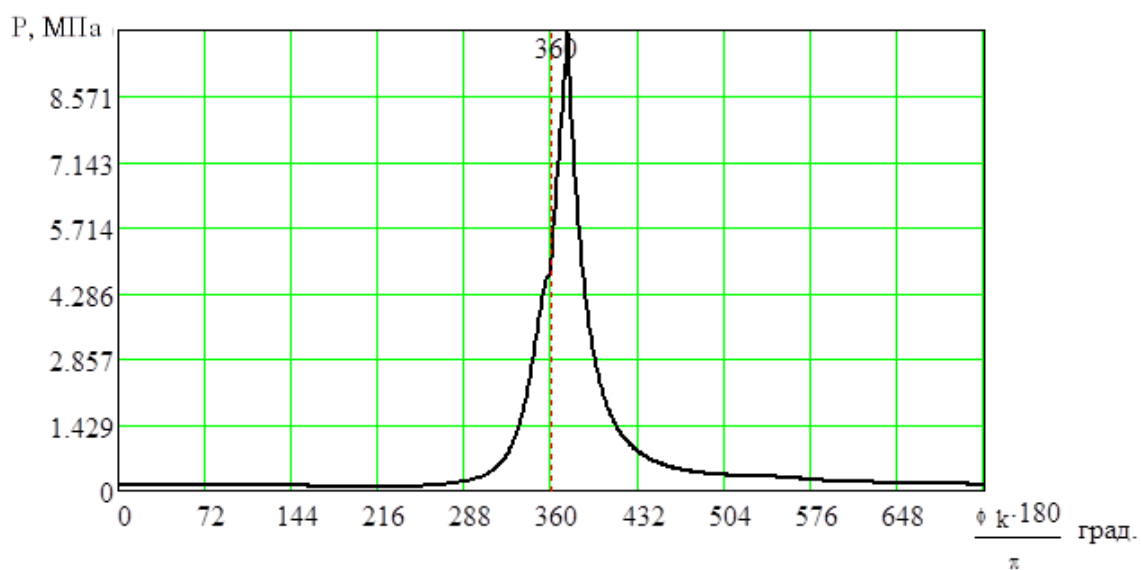


Рисунок 3.2 – Развернутая индикаторная диаграмма

3.3 Внешняя скоростная характеристика силового агрегата

$$n' := n_1, n_1 + 10 .. n_4$$

$$k_1 := \text{cspline } n, N_e$$

$$k_2 := \text{regress } n, M_e, 2$$

$$k_3 := \text{regress } n, g_e, 2$$

$$N_e(n') := \text{interp } k_1, n, N_e, n'$$

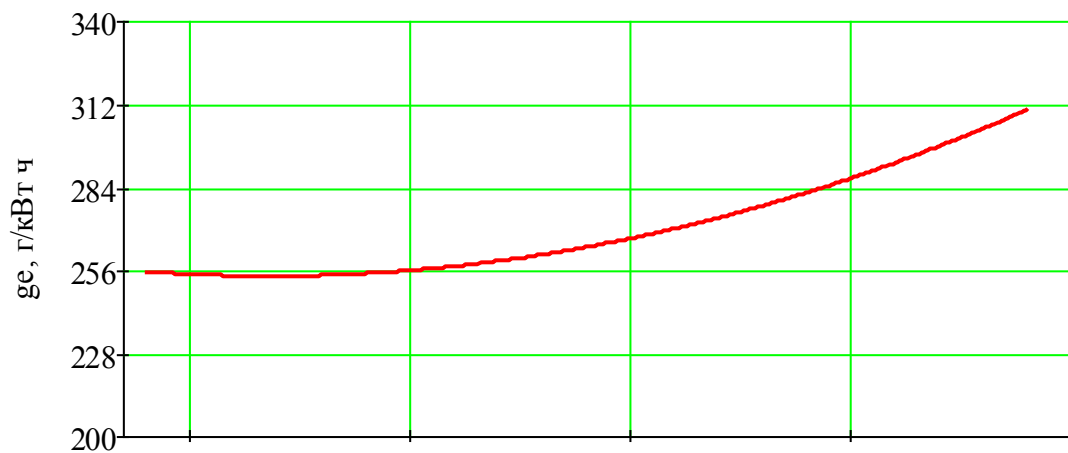
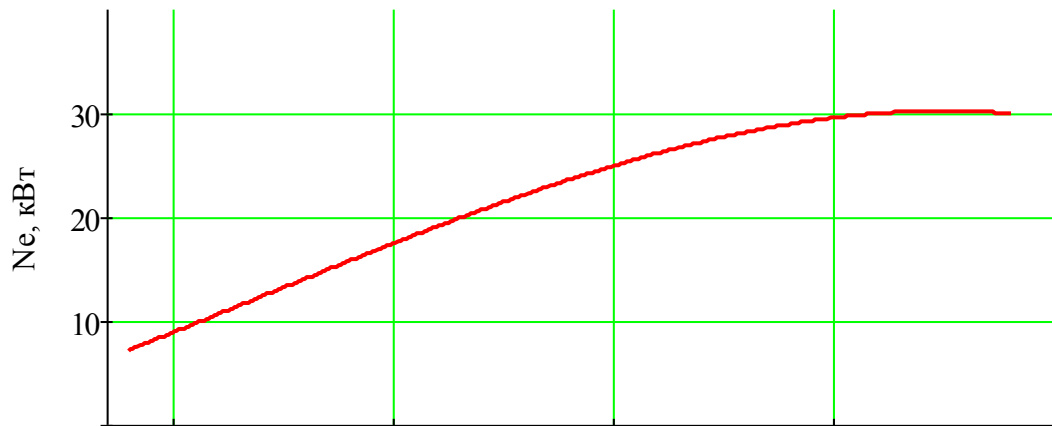
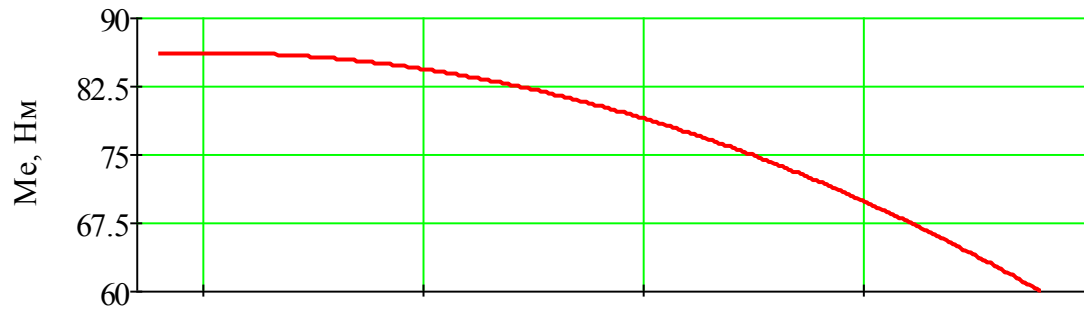
$$M(n') := \text{interp } k_2, n, M_e, n'$$

$$g_e(n') := \text{interp } k_3, n, g_e, n'$$

$k_4 := \text{cspline } n, G_T$
 $k_5 := \text{regress } n, \eta_v, 2$
 $k_6 := \text{cspline}(n, \alpha)$

$G_T(n') := \text{interp } k_4, n, G_T, n'$
 $\eta_v(n') := \text{interp } k_5, n, \eta_v, n'$
 $\alpha(n') := \text{interp } k_6, n, \alpha, n'$

Построение графика внешней скоростной характеристики силового агрегата представлено на рисунке 3.3.



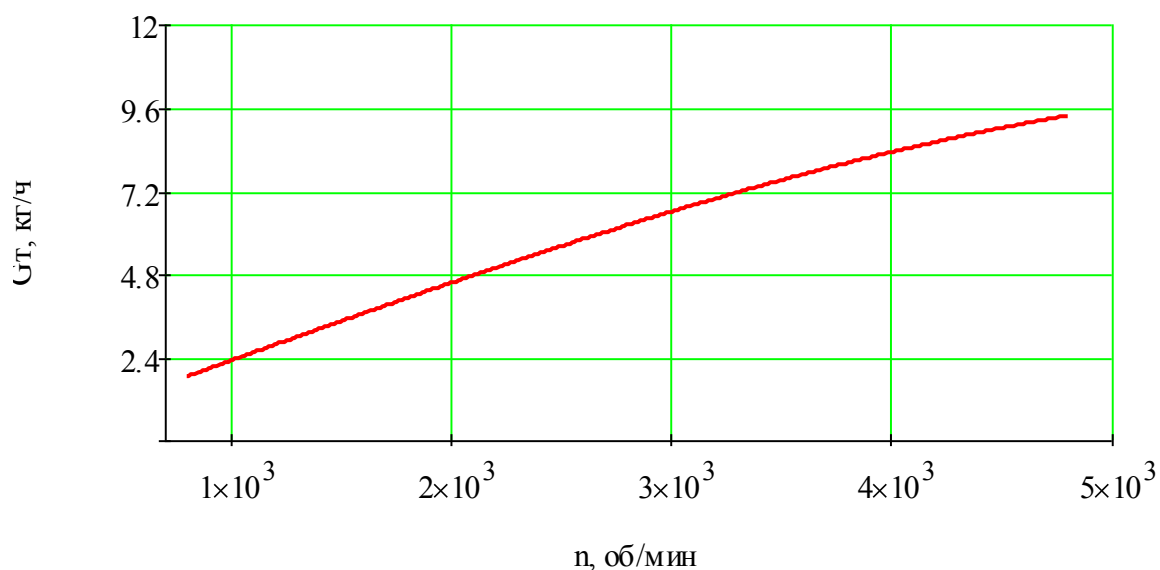


Рисунок 3.3 – Внешняя скоростная характеристика силового агрегата

3.4 Тяговый расчет автомобиля

Расчет трансмиссии дорожного автомобиля начинаем с главной передачи из следующих соображений. В трансмиссии угловая скорость может быть изменена в нескольких местах: в дополнительной коробке (грузовые автомобили), КП, РК (автомобили повышенной проходимости), главной передаче, колесном редукторе (в легковых автомобилях применяется редко). Однако, так как известен прототип то для дальнейшего расчёта были приняты следующие значения передаточных чисел:

Передаточные числа:

коробки передач

U1	3,7
U2	1,95
U3	1,36
U4	1
U5	0,82
главной передачи	4,1

В силовой баланс автомобиля при равномерном движении ($F_{и} = 0$) по горизонтальной дороге ($F_{п} = 0$) входят только две силы

$$F_T = F_k + F_{\delta}$$

$$(3.4.1)$$

Составляющие баланса вычисляем по зависимостям

$$F_T = \frac{T_e \cdot i_{кп} \cdot i_0 \cdot \eta_{мп} \cdot K_p}{r_k}; \quad (3.4.2)$$

$$F_k = f_0 \cdot (1 + A_f \cdot V^2) \cdot G_a; \quad (3.4.3)$$

$$F_{\delta} = 0,5 \cdot c_x \cdot A \cdot \rho_{\delta} \cdot V^2; \quad (3.4.4)$$

переменными в балансе являются:

- момент T_e (зависит от угловой скорости силового агрегата);
- передаточное число $i_{кп}$ в КП (по гиперболическому ряду);
- КПД трансмиссии, зависит от передачи в КП или в РК;
- текущая скорость V автомобиля;
- кинематический радиус r_k зависит от крутящего момента на колесе, но для упрощения этой зависимостью пренебрежем и примем $r_k = r_c$. Мощностной баланс получим, почленно умножив силовой баланс на скорость автомобиля:

$$P_T = P_T V \quad (3.4.5)$$

$$P_k = F_k V \quad (3.4.6)$$

$$P_{\delta} = F_{\delta} V \quad (3.4.7)$$

Расчет ведем для всех передач в КП при высшей передачи в РК, а также для первой и второй передач в КП при пониженной в РК передаче. Текущую скорость вычисляем по формуле:

$$V = \frac{\omega_e \cdot r_c}{i_0 \cdot i_{кп} \cdot i_{рк}}. \quad (3.4.8)$$

Для построения динамического паспорта автомобиля необходимо вычислить для каждой передачи в КП (РК) динамический фактор

$$D_a(V) = \frac{F_T(V) - F_a(V)}{G_a}. \quad (3.4.9)$$

Кроме того, на график выносится зависимость коэффициента сопротивления качению $f_k(V)$. Для построения номограммы необходимо найти верхний предел шкалы $D_{0\max}$

$$D_{0\max} = D_{a\max} \frac{G_a}{G_0}, \quad (3.4.10)$$

где $D_{a\max}$ - верхний предел шкалы D_a .

Данные тягового расчета представлены в Приложении А.

4 Специальная часть

4.1 Система для регулировки подачи топлива общепринятая

Система для регулирования подачи природного газа (топлива) управляется ЭБУ, он в свою очередь формирует сигналы необходимые исполнительным устройствам, на основании сбора данных датчиков ЭСУД. Основное преимущество ЭСУД заключается в наличии у исполнительных устройств двух контуров. Один контур ЭСУД на основании сбора данных с датчиков регулирует количество газа подаваемого в ДВС и в необходимых пропорциях регулирует соотношение воздух/газ.

4.2 Разработанная система регулирования подачи топлива

Система подачи топлива (природного газа) управляется ЭБУ, который формирует необходимые сигналы исполнительному устройству – регулятору подачи газа, на основании опроса датчиков ЭСУД. Особенностью ЭСУД заключается в наличии двух датчиков: датчика частоты вращения коленчатого вала силового агрегата и датчика положения топливной рейки топливного насоса высокого давления (ТНВД). Вследствие того, что у дизельного силового агрегата качественное регулирование, а следовательно отсутствует дроссельная заслонка, то расход воздуха необходимый для определения цикловой подачи топлива с заданным коэффициентом избытка воздуха определяется по датчику частоты вращения коленчатого вала. Нагрузка на ДВС определяется по положению топливной рейки ТНВД. ЭБУ, обрабатывая сигнал с указанных выше датчиков, формирует сигнал на исполнительный механизм. Регулятор подачи газа представляет собой устройство состоящее из корпуса, шагового двигателя и клапана. Шаговый силовой агрегат получив сигнал от ЭБУ изменяет положение штока клапана и тем самым изменяет проходное сечение клапана, а следовательно изменяет расход газа. Основным преимуществом такой системы регулирования подачи

газа является простота исполнения в совокупности с достаточной точностью регулирования подачи топлива. Вследствие закритического перепада давления на клапане влияние параметров во впускном коллекторе на характеристику подачи топлива – минимально. Следует отметить, что такая система может работать без датчика температуры т.к. изменение мощности из-за изменения плотности газа компенсируется необходимым положением топливной рейки и всережимным регулятором ТНВД. Принципиальная схема разработанной системы подачи топлива представлена на рисунке 4.1.

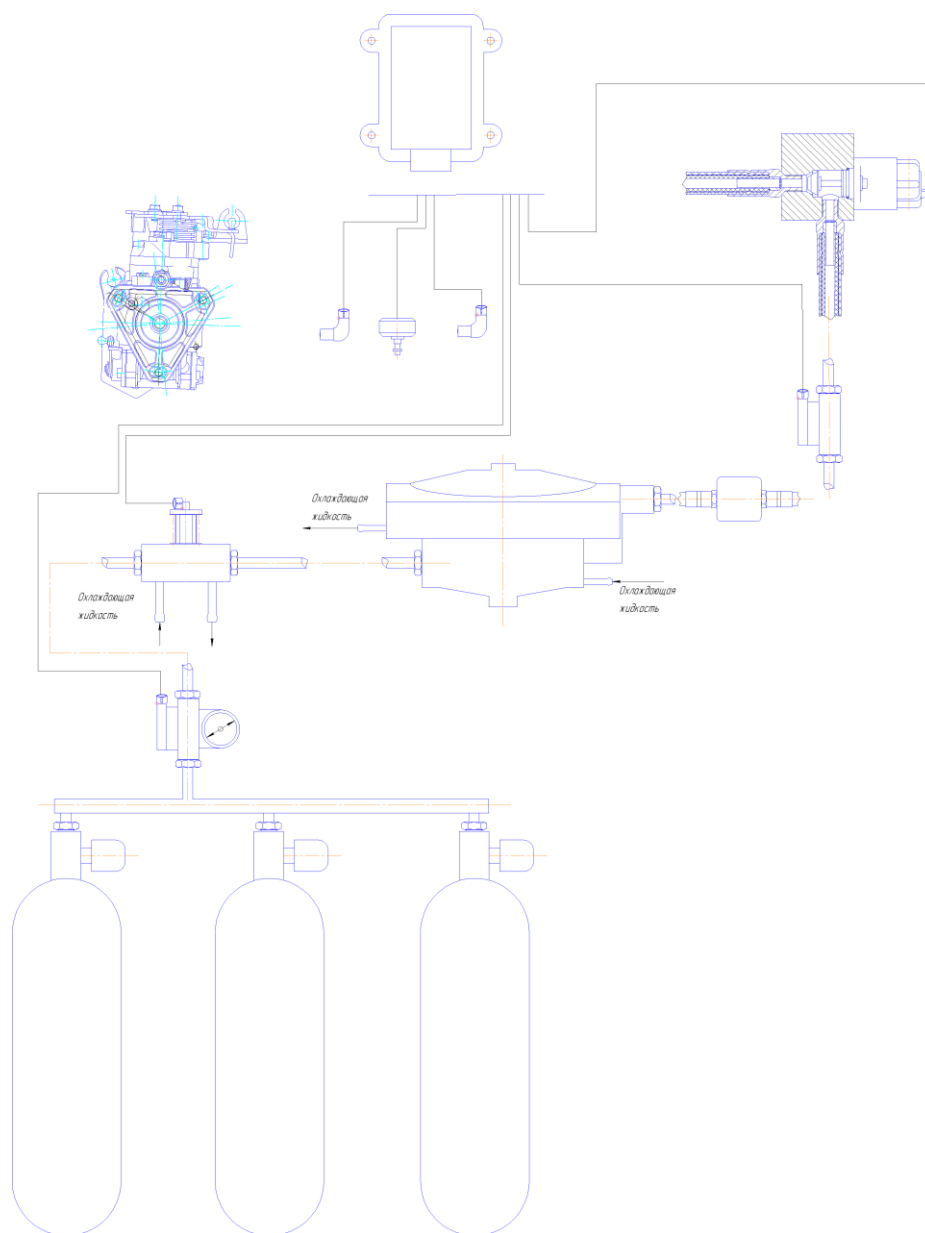


Рисунок 4.1 – Разработанная схема системы подачи природного газа

4.3 Расчет форсунки

Исходные данные:

Давление за регулятором $P_a := 1 \text{ bar}$

Давление газа $P_m := 3.5 \text{ bar}$

Показатель адиабаты $k := 1.4$

Газовая постоянная $R := 518$

Температура газа $T_a := 298 \text{ K}$

Расход метана необходимый для работы силового агрегата $G := \begin{pmatrix} 3.15 \\ 11.8 \\ 21.45 \\ 22.85 \end{pmatrix} \text{ kg/h}$

—полученные на основании теплового расчета данные

$$\sigma := \frac{P_a}{P_m} \quad \sigma = 0.286 \quad \sigma > 0.52$$

Течение газа является надкритическим.

Определим секундный расход газа силового агрегата, kg/s

$$G' := \frac{G}{3600} \quad G' = \begin{pmatrix} 8.75 \times 10^{-4} \\ 3.278 \times 10^{-3} \\ 5.958 \times 10^{-3} \\ 6.347 \times 10^{-3} \end{pmatrix}$$

Характеристика жиклера расходная

$$\mu F := \frac{G'}{P_m \cdot 10^5 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9.81 \cdot 0.52 \cdot (1 - 0.52)}{R \cdot T_a}}} \quad \mu F = \begin{pmatrix} 4.439 \times 10^{-7} \\ 1.663 \times 10^{-6} \\ 3.022 \times 10^{-6} \\ 3.22 \times 10^{-6} \end{pmatrix}$$

Если принять коэффициент $m = 0.85$ то необходимая скважность форсунки должна составлять

$$F := \frac{\mu F}{0.85}$$

$$F = \begin{pmatrix} 5.222 \times 10^{-7} \\ 1.956 \times 10^{-6} \\ 3.556 \times 10^{-6} \\ 3.788 \times 10^{-6} \end{pmatrix} \text{ m}^2$$

Приближенная формула погрешность приблизительно около 3 %

Эквивалентный диаметр, на характерных режимах работы силового агрегата, распылителя форсунки:

$$d := \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}}$$

$$d = \begin{pmatrix} 8.154 \times 10^{-4} \\ 1.578 \times 10^{-3} \\ 2.128 \times 10^{-3} \\ 2.196 \times 10^{-3} \end{pmatrix} \text{ m} \quad \text{или}$$

$$d' := d \cdot 1000$$

$$d' = \begin{pmatrix} 0.815 \\ 1.578 \\ 2.128 \\ 2.196 \end{pmatrix} \text{ mm}$$

Определим скважность форсунки при следующих данных:

Частота форсунки несущая $f := 50 \text{ Hz}$

Диаметр распылителя форсунки принятый с условием обеспечения расхода газа $d := 0.002 \text{ m}$

Расход газа массовый при принятом диаметре сопла в форсунке

$$m := \left[P_m \cdot 10^5 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9.81 \cdot 0.52 \cdot (1 - 0.52)}{R \cdot T_a}} \right] \cdot \left(\pi \cdot \frac{d^2}{4} \right) \quad m = 6.193 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$$

Скважность форсунки

$$\tau := \frac{G'}{f \cdot m}$$

$$\tau = \begin{pmatrix} 2.8257 \times 10^{-3} \\ 0.0106 \\ 0.0192 \\ 0.0205 \end{pmatrix} \text{ s}$$

На рисунке 4.3 представлена зависимость расхода газа от скважности

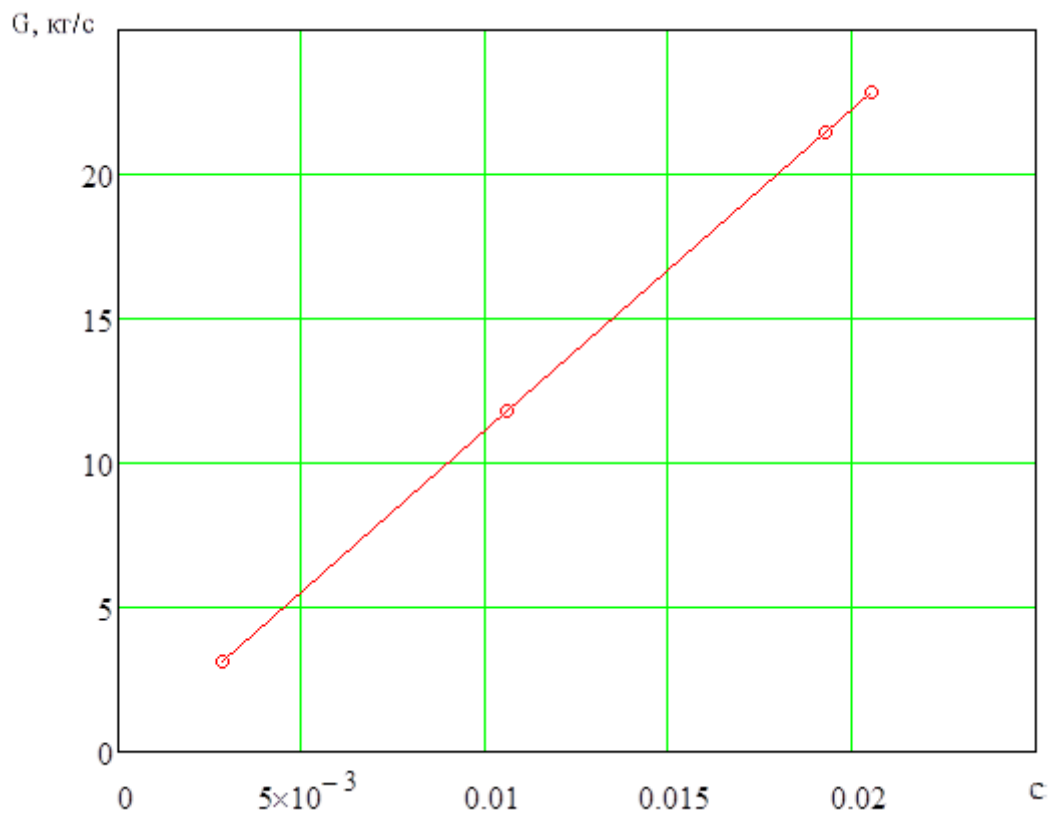


Рисунок 4.2 – Зависимость расхода газа от скважности

4.4 Техническое описание установки газобаллонного оборудования системы CNG на автомобиле

Общие предписания:

1) Должна быть обеспечена надлежащая и безопасная работа системы КПП транспортного средства при рабочем давлении и рабочих температурах, на которое она рассчитана и для которого она официально утверждена;

2) Материалы, используемые в системе, должны быть совместимы с КПП;

3) Все элементы системы должны быть надлежащим образом закреплены;

4) Система КПП не должна давать утечки, т.е. не должна выделять пузырьков в течение 3 минут;

5) Система КПП должна устанавливаться таким образом, чтобы обеспечивалась ее максимальная возможная защита от повреждений, например повреждений, вызванных смещением элементов оборудования транспортного средства, расположением, попаданием гравия или обусловленных загрузкой или разгрузкой транспортного средства либо смещением этих грузов;

6) К системе КПП не должны подсоединяться никакие устройства, за исключением тех, наличие которых строго необходимо для обеспечения надлежащей работы силового агрегата механического транспортного средства.

Дополнительные требования:

1) Никакой элемент системы КПП, в том числе любой защитный материал, являющийся частью таких элементов оборудования, не должен выступать за внешние габариты транспортного средства, за исключением заправочного блока, причем последний не должен выступать из своего гнезда более чем на 10 мм;

2) Никакие элементы системы КПП не должны располагаться в пределах 100 мм от системы выпуска отработавших газов или аналогичного источника тепла, если такие элементы оборудования не имеют надлежащего теплозащитного кожуха.

Установка баллонов:

1) Баллон устанавливается в транспортном средстве стационарно, причем он не должен устанавливаться в моторном отсеке;

2) Баллон устанавливается таким образом, чтобы не происходило контакта между металлическими поверхностями, за исключением контакта с узлами крепления баллона (баллонов);

3) На готовом к эксплуатации транспортном средстве расстояние между топливным баллоном и поверхностью дороги должно составлять не менее 200 мм.

4) Топливный баллон (топливные баллоны) или резервуар (резервуары) должен быть установлен и закреплен (должны быть установлены и закреплены) таким образом, чтобы при полных баллонах могли поглощаться следующие ускорения (без причинения повреждений): транспортные средства категорий М3 и N3:

а) 6,6 g по направлению движения;

б) 5 g по горизонтали, перпендикулярной направлению движения.

Вспомогательное оборудование баллонов:

1) Автоматический клапан:

- автоматический цилиндрический клапан устанавливается непосредственно на каждом баллоне;

- автоматический клапан баллона должен срабатывать таким образом, чтобы подача топлива прекращалась при выключении силового агрегата независимо от положения ключа зажигания, и оставаться в закрытом

положении при неработающем силовом агрегате. Для диагностических целей допускается задержка в две секунды.

2) Предохранительное устройство:

- предохранительное устройство (срабатываемое при определенной температуре) устанавливается на топливном баллоне (топливных баллонах) таким образом, чтобы газы могли отводиться в газонепроницаемый кожух, если этот газонепроницаемый кожух отвечает требованиям пункта.

3) Ограничительный клапан на баллоне:

- ограничительное устройство устанавливается в топливном баллоне (топливных баллонах) таким образом, чтобы газы могли отводиться в газонепроницаемый кожух.

4) Клапан с ручным управлением:

- клапан с ручным управлением жестко крепится на резервуаре и может быть встроен в автоматический цилиндрический клапан;

5) Газонепроницаемый кожух на баллонах:

- газонепроницаемый кожух, надеваемый поверх арматуры баллона (баллонов), устанавливается на топливном баллоне;

- газонепроницаемый кожух должен иметь открытый выход в атмосферу, при необходимости через соединительный шланг и отводящий патрубок, которые должны быть стойкими к действию КПП;

- вентиляционный канал газонепроницаемого кожуха не должен отводить газы в надколесную арку или в направлении источника тепла, например системы выпуска отработавших газов;

- минимальная площадь сечения любого соединительного шланга или отводящего патрубка, проходящего по дну кузова механического транспортного средства и предназначенного для вентиляции газонепроницаемого кожуха, должна составлять 450 мм²;

- газонепроницаемый кожух должен иметь открытый выход в атмосферу, при необходимости через соединительный шланг и отводящий патрубок, которые должны быть стойкими к действию КПП;

- вентиляционный канал газонепроницаемого кожуха не должен отводить газы в надколесную арку или в направлении источника тепла, например системы выпуска отработавших газов;

- минимальная площадь сечения любого соединительного шланга или отводящего патрубка, проходящего по дну кузова механического транспортного средства и предназначенного для вентиляции газонепроницаемого кожуха, должна составлять 450 мм²;

- кожух, надеваемый поверх арматуры баллона (баллонов), и соединительные шланги должны обеспечивать герметичность при давлении 10 кПа, не подвергаясь при этом какой-либо постоянной деформации;

- газонепроницаемый кожух должен иметь открытый выход в атмосферу, при необходимости через соединительный шланг и отводящий патрубок, которые должны быть стойкими к действию КПП;

- вентиляционный канал газонепроницаемого кожуха не должен отводить газы в надколесную арку или в направлении источника тепла, например системы выпуска отработавших газов;

- соединительный шланг крепится с помощью хомутов или других средств к газонепроницаемому кожуху и отводящему патрубку, причем соединение между ними должно быть газонепроницаемым; газонепроницаемый кожух должен обеспечивать защиту всех элементов оборудования, установленных в багажном отделении или пассажирском салоне.

Жесткие и гибкие топливопроводы:

- жесткие топливопроводы должны быть изготовлены из бесшовной стали;

- жесткий топливопровод может быть заменен гибким топливопроводом на баллонах класса 0, 1 или 2;

- жесткие топливопроводы должны крепиться таким образом, чтобы они не подвергались вибрации или внешним нагрузкам;

- гибкие топливопроводы должны крепиться таким образом, чтобы они не подвергались вибрации или внешним нагрузкам;

- в точке крепления гибкие или жесткие топливопроводы должны устанавливаться таким образом, чтобы не было контактов между металлическими деталями; жесткие и гибкие топливопроводы не должны размещаться в месте расположения точек поддомкрачивания;

Фитинги или газовые соединения между элементами оборудования:

- паяные или сварные соединения, а также зубчатые соединения обжатием не допускаются;

- трубки из нержавеющей стали должны соединяться только при помощи фитингов из нержавеющей стали;

- жесткие топливопроводы должны сочленяться при помощи соответствующих соединений, например двухкомпонентных соединений обжатием в случае стальных трубок и оливкообразных соединений, обуженных с обеих сторон;

- количество соединений должно быть минимальным; все соединения должны находиться в доступных для осмотра местах;

- топливопроводы, проходящие через пассажирский салон или замкнутое пространство багажного отделения, должны иметь обоснованно необходимую длину и в любом случае должны быть защищены газонепроницаемым кожухом

Автоматический клапан:

- дополнительный автоматический клапан может устанавливаться в топливопроводе на максимально близком расстоянии от регулятора давления.

Заправочный блок или узел:

- крепление заправочного блока должно исключать возможность его вращения и обеспечивать его защиту от грязи и влаги.

4.5 Анализ влияния CNG на элементы конструкции автомобиля в целом

Результаты теплового расчет газодизельного цикла показали, что максимальная мощность силового агрегата и максимальный крутящий момент на топливе CNG не превышает значений на дизельной силовой установке, соответственно можно предположить что нагрузки, действующие на трансмиссию автомобиля, не будут превышать допустимых величин в комплектации с дизельным силовым агрегатом. Так как процесс сгорания в газодизельном цикле значительно мягче, то этот факт благоприятно скажется на условиях работы КПП и трансмиссии автомобиля в целом. Максимальная мощность автомобиля оснащенного CNG по результатам расчета снижается на 20-30%, то соответствующая нагрузка на трансмиссию так же уменьшится в том же диапазоне.

Вес дополнительного оборудования (ГБО) составляет величину не более 100 – 120 кг, с учетом веса баллонов и всех дополнительных систем (трубки подводящие, редуктор, форсунки и т.д.). Исходя из этого нагрузка на элементы конструкции автомобиля – рама, подвеска и т.д. изменится не существенно.

Расположение баллонов в кормовой части автомобиля позволит обеспечить более равномерное распределение нагрузки по осям автомобиля, что при относительно небольшом весе ТС (950 кг) благоприятно скажется на ездовых качествах.

5 Безопасность и экологичность проекта

Паспорт безопасности объекта — это документ, который требуется на всех опасных сооружениях и производствах. Он помогает не только сократить количество чрезвычайных ситуаций, происходящих на производстве по причине работы с потенциально опасными продуктами, но и нужен для разработки плана на случай ЧС. Благодаря тому, что в Главном управлении МЧС находятся паспорта для всех опасных объектов на подконтрольной территории, повышается техногенная безопасность, а в случае аварии и персонал, и спецслужбы точно знают как действовать. Плюс ко всему, организации, работающие с взрывоопасными, радиоактивными, химическими и биологическими веществами, получают гарантию безопасности во время их производства, перевозки и использования. Промышленный уровень безопасности значительно повышается.

Создается и утверждается паспорт безопасности опасного объекта по нормам, установленным Российским законодательством, а также Приказом МЧС РФ. Основные документы, регулирующие разработку и предоставление документа были утверждены более десятилетия назад, но содержащиеся там рекомендации и правила актуальны и сегодня.

Необходимо разрабатывать паспорт безопасности по следующим причинам:

- оценка последствий в случае аварийной ситуации или ЧС;
- расчет рисков для персонала, оборудования, производства и населения;
- установление плана дальнейших действий для восстановления после происшествия;
- анализ подготовленности персонала на случай аварии, готовность персонала материальной базы к устранению последствий;

- составление плана действий для увеличения уровня защиты, а также проведение подробного инструктажа среди работников.

В документе фиксируются все вышеуказанные факторы с указанием уровня подготовленности, безопасности и степени риска. После заполнения один экземпляр остается на предприятии, а другой отправляется в местное самоуправление, которому поручено контролировать данный объект. Некоторые моменты могут вноситься в паспорт дополнительно, в зависимости от индивидуальных особенностей учреждения. Замена документа производится раз в 5 лет, а также в случае смены деятельности, реорганизации.

Существуют специальные организации, занимающиеся подготовкой, разработкой и согласованием бумаг в соответствии с Российским законодательством. К выбору подрядчика стоит подходить с особой ответственностью, чтобы проверка была наиболее полной и достоверной.

Помимо работы с веществами, объект может быть причислен к опасным, если на нем:

- установлено и введено в эксплуатацию оборудование, которое работает под высоким давлением или при температурах нагрева воды или выше;

- если на производстве или в здании присутствуют грузовые подъемники, канатные дороги, фуникулеры, эскалаторы и иные движущиеся подъемные механизмы для подъема посетителей, сотрудников или иных предметов и грузов;

- если на объекте производятся или обрабатываются плавкие металлы с применением технологий расплава или обжига;

- если на территории объекта ведутся любые горные работы, связанные с добычей или обогащением ископаемых, рытьем подземных

шахт, взрывом пород, либо иные горно-геологические работы, кроме эмпирических изысканий.

Таким образом, можно сделать вывод, что потенциально опасный объект - это любое здание, сооружение или территория, которые отвечали бы хотя бы одному из перечисленных критериев. Паспорт безопасности опасного объекта необходим для предотвращения угрозы для живых существ и природы.

5.1 Оценка профессиональных угроз здоровью

Профессиональная угроза здоровью – риск причинения вреда здоровью в следствии влияния вредных и (либо) опасных производственных условий при выполнении производственных работ работником.

Таблица 4.1 – Перечень основных профессиональных угроз здоровью

Наименование фактора	Источник возникновения
Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны	При проведении работ по зачистке плоскостей от загрязнений, поднимаемая с пола при возникновении утечек воздуха
Токсические: испарения ядовитых веществ	При обезжиривании поверхностей при помощи растворителя или ацетона, при смазывании поверхностей клеем, при проведении работ с клеем, при сварочных работах.
Резкий запах	Специфический запах ГСМ, возникающий при работе с растворителями и едкими жидкостями.
Едкие и ядовитые вещества	При разборке прикипевших и загрязненных резьбовых соединений.
Недостаточная освещенность рабочей зоны	При работе в труднодоступных местах.
Электромагнитное излучение, высокое напряжение	При работе сварочного трансформатора

5.2 Технические средства для обеспечения ПБ

Средства пожаротушения являются неотъемлемой частью всей системы безопасности. На производственных объектах и там, где повышенная опасность возникновения аварийных ситуаций, связанных с возгораниями, наличие технических средств для ликвидации пожаров обязательно. Требования к ним описаны в соответствующем техническом регламенте и отраслевых актах нормативной литературы. Некоторые правила и их своды выпущены во времена СССР, но продолжают действовать до сих пор.

Для локализации и ликвидации пожаров в помещениях используют стационарные установки пожаротушения. Они состоят из различных технических средств. Их назначение определяет наполнение огнетушащими веществами. Работа установок построена на принципах объемного или поверхностного тушения пожаров. Встречаются также установки с локально-объемным, либо локально-поверхностным способом работы.

Действие стационарных установок направлено на локализацию возникшего пожара. Предполагается, что с помощью них можно бороться с начальной стадией пожара или небольшими возгораниями. По принципу включения бывают автоматические с местным или дистанционным управлением. Они нужны для обеспечения безопасности на крупных объектах, чтобы предотвратить значительный ущерб и снизить риск появления пострадавших. Все установки подобного типа регулярно подвергаются обследованиям и проверкам на исправность. Тушение должно производиться в любой момент, если есть необходимость.

Стационарные установки пожаротушения состоят из трубопроводов, в случае с наполнением из воды, пара или пены. Система трубопроводов соединяет автоматические устройства и оборудование. Приборы реагируют

на повышенную температуру, сигнал передается на датчики. Затем происходит включение насосов, подающих воду.

При первых признаках пожара необходимо задействовать такие первичные средства пожаротушения, как огнетушители. Их действие направлено на ликвидацию небольших по площади и силе возгораний. Эффект отсутствует, если масштабы возгорания резко увеличиваются или применение огнетушителя небезопасно в данной ситуации.

Их заряжают водой, порошками из химических соединений, инертными газами. Вид вещества влияет на применение огнетушителя. Не все подходят для ликвидации возгорания электрических устройств с высоким напряжением или для тушения в замкнутых пространствах.

Наличие огнетушителя в любых офисных и производственных помещениях обусловлены требованиями законодательства в части пожарной безопасности.

Пожарный инструмент - лопата совковая, багор.

В случае возникновения чрезвычайной ситуации ключевую роль играет оперативность донесения информации до лиц, здоровью и жизни которых грозит опасность. Правильная и быстрая оценка вновь возникших обстоятельств позволяет выбрать наиболее оптимальные способы и методы защиты. Время донесения информации не должно превышать пять минут. За это время должны быть оповещены соответствующие органы и лица, расположенные в месте чрезвычайного происшествия.

Своевременное реагирование позволит не только сохранить жизнь и здоровье людей, а также минимизировать размер материального ущерба от последствий. Создание ЛСО на производствах и промышленных предприятиях является первостепенной задачей штаба Гражданской обороны.

Локальная система оповещения – представляет собой комплекс технических средств оповещения на потенциально опасных объектах, промышленных предприятиях, производствах.

Первоочередной задачей ЛСО является: оповещение персонала о чрезвычайном происшествии, доведение до сведения информации руководству потенциально опасного объекта, службам гражданской обороны, спасателям, доведение до сведения информации руководству потенциально опасного объекта, службам гражданской обороны, спасателям;

Практика и анализ происходящих чрезвычайных ситуаций показали, что наибольшее количество происшествий, носящих техногенный характер, в результате которых возникает угроза жизни и здоровью людей, а также приносящих существенный материальный ущерб происходят на промышленных и производственных объектах. Размещение локальных систем оповещения является не просто необходимостью, а требованием действующего законодательства РФ в этой сфере. Промышленные объекты, на которых высока вероятность аварии можно разделить на четыре основных группы, представляющие опасности: химическую, радиационную, пожарную и взрывоопасную, гидродинамическую.

Локальная система оповещения зрения представляет собой целостный комплекс взаимосвязанных технических средств. В его структуру входит основной блок управления, как правило, это компьютеризированная система, либо матричный блок управления. Коммутационный блок сигналов. Источники распространения и усиления звукового оповещения. Полноценная действующая система локального оповещения включает в себя сирены или иные средства подачи тревожных сигналов, приспособления для голосового и речевого оповещения, ламповые или светодиодные индикаторы, маяки и подобные средства визуального сообщения. Звуковая система оповещения, издавая сигналы информирует людей о произошедшей чрезвычайной

ситуации либо аварии. На потенциально опасных объектах разрабатываются положения о порядке действий в случае возникновения аварии, дополнительные рекомендации и инструкции могут сообщаться через громкоговорители.

Голосовое оповещение считается наиболее информативным и продуктивным способом оповещения. Требование к созданию систем оповещения является обязательным на потенциально опасных объектах и регламентируется рядом законодательных актов РФ.

В таблице 4.2 представлены опасные факторы пожара в зоне текущего ремонта.

Таблица 4.2 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, отделения (зона) и используемое в нем оборудование	Вредоносные и опасные факторы при возникновении пожара	Класс пожаро-опасности
Агрегатное отделение Технологическое оборудование	Основные факторы: пониженная концентрация кислорода, искры и пламя, тепловой поток, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, повышенная температура окружающей среды. Сопутствующие проявления пожара: Части, фрагменты разувшихся строений, построек и т.п, опасные факторы взрыва, воздействие огнегасящих элементов	А

Пожаробезопасность агрегатного отделения обеспечивается наличием в отделении пожарной сигнализации, в которые встроены датчики присутствия дыма и датчики тепла. К основным средствам пожаротушения относятся огнетушители типа огнетушитель углекислотный порошковый (ОУП), который должен располагаться на стене, а кроме того контейнер с песком для присыпки случайно пролитых легковоспламеняющихся эксплуатационных материалов.

5.3 Обеспечение природоохранной безопасности рассматриваемой зоны (участка, отделения) предприятия

Таблица 4.3 – Идентификация экологических факторов

Наименование технологического процесса, технического объекта или участка	Используемые стенды, приспособления, устройства, механизм. Кто использует	Влияние на атмосферу	Влияние на гидросферу	Влияние на литосферу
Агрегатное отделение	Стенды, оборудование, производственный персонал	Масленные испарения	не выявлено	упаковки запчастей, спецодежда, масло отработанное.

5.4 Мероприятия по снижению отрицательного антропогенного воздействия на окружающую среду

С целью охраны окружающей среды от отрицательного антропогенного влияния в виде загрязнения её вредоносными элементами (веществами) обычно выделяют следующие мероприятия:

- технологические (создание безотходных и малоотходных производств);
- санитарно-технические.

Таблица 4.4– Перечень мероприятий, определяющих экологические факторы устройства, оборудования

Наименование технического объекта	Агрегатное отделение
Мероприятия, способствующие снижению негативного антропогенного влияния на атмосферу	Применение фильтров в имеющихся на участке вытяжных шкафах (зондах). Контроль за состоянием качества воздуха в зоне выполнения работ
Мероприятия, способствующие уменьшению негативного антропогенного влияния на литосферу	Индивидуальная ответственность за сохранность окружающей среды. Сбор и складирование отходов осуществляется в специальные закрытые контейнеры, бочки установленные в специально отведенных местах. Вывоз отходов производится силами специализированных организаций, с которыми заключается договор на вывоз, утилизацию и захоронение.
Мероприятия, способствующие уменьшению негативного антропогенного влияния на гидросферу	Переработка и захоронение сбросов, отходов, выбросов, стоков и осадков сточных вод с соблюдением мер по предотвращению загрязнения почв. Персональная ответственность за охрану окружающей среды.

В разделе «Безопасность и экологичность объекта» были:

1. Выявлены профессиональные риски угрозы здоровью работников при осуществлении технологического процесса, выполняемых технологических операций, видов производимых работ на стенде. Определены опасные и вредные производственные факторы к которым относятся детали и механизмы стенда, его подвижные элементы, умственное перенапряжение рабочих и монотонность работы.

2. С целью снижения профессиональных рисков были разработаны организационно-технологические мероприятия с применением технических средств для обеспечения противопожарной безопасности в гаражной мастерской.

3. Были определены класс пожарной опасности и вредные и опасные факторы пожара в гаражной мастерской, а также выявлен основной список средств пожаротушения.

6 Экономическая эффективность проекта

Весь мир интересуется проблема защиты воздушной среды больших городов от вредных загрязнений. Россия, далеко опережает многие страны по количеству ядовитых выбросов производимых автомобильными силовыми агрегатами. По данным Мчскомприроды, на каждого москвича выбросы автотранспорта загрязняющих веществ ежегодно составляют по 120 кг. Количество автомобилей в Москве увеличивается и приближается к 3-ем миллионам, отсюда не сложно рассчитать экологический ущерб от сгорания 1 тонны топлива, он равен 880 тыс. рублей. Альтернативный вид топлива, применяемы в автомобилях, газ. Его выбросы не наносят существенного вреда окружающей среде.

Перевести на газовое топливо автомобиль – лучший способ сделать его экологически безвредным. Автомобили, которые загрязняют атмосферу, отравляют людей и весь животный мир, не имеют право находиться на дорогах страны.

Поэтому, исходя из необходимости установки дополнительного газового оборудования следует провести расчет для определения экономического эффекта от внедрения проекта.

6.1 Расчет себестоимости проектируемого силового агрегата

Данные для расчета себестоимости проектируемого силового агрегата представлены в таблице 6.1.1.

Таблица 6.1.1 – Данные для расчета

№	Наименование показателей	Обозначение	Ед. изм.	Источник
A	1	2	3	4
1	Программа выпуска изделия годовая	$V_{\text{год.}}$	шт.	50000
2	Единый социальный налог. Коэффициент отчислений.	$E_{\text{соц.}}$	%	35,6
3	Общезаводские расходы. Коэффициент.	$E_{\text{обзав.}}$	%	175
4	Коммерческие (внепроизводственные) расходы. Коэффициент.	$E_{\text{ком.}}$	%	5
5	Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования. Коэффициент.	$E_{\text{обор.}}$	%	200
6	Транспортно – заготовительные расходы. Коэффициенты.	$K_{\text{тзр.}}$	%	4
7	Цеховые расходы Коэффициент.	$E_{\text{цех}}$	%	125
8	Расходы на инструмент и оснастку. Коэффициент	$E_{\text{инс.}}$	%	5
9	Рентабельность и плановые накопления. Коэффициент.	$K_{\text{рент.}}$	%	30
10	Доплаты или выплаты не связанные с работой на производстве. Коэффициент	$K_{\text{вып.}}$	%	10
11	Премии и доплаты за работу на производстве. Коэффициент	$K_{\text{прем.}}$	%	18
12	Возвратные отходы. Коэффициент.	$K_{\text{вот}}$	%	3
13	Оптовые цены используемых материалов	$\Pi_{\text{м}}$	Руб.	
14	Сталь	$Q_{\text{м}}$	Кг	200
	Чугун			134
	Алюминий			335
	Норма расхода материала			
	Сталь			20
	Чугун			45
	Алюминий			15
15	Оптовая цена покупных изделий полуфабрикатов	$\Pi_{\text{и}}$	руб	
	Клапанно – редукторная группа			2.100
	Газовый баллон			2.000
	Газопроводы			1.320
	Заправочное устройство			650
	Комплект газовых форсунок			1.930

16	Количество покупных изделий и полуфабрикатов	Ni	шт	
	Клапанно – редукторная группа			1
	Газовый баллон			1
	Газопроводы			1
	Заправочное устройство			1
	Комплект газовых форсунок			1
17	Тарифная часовая ставка i-го разряда	C _{pi}	руб	
	Рабочий 3 разряда			21,65
	Рабочий 4 разряда			23,12
18	Трудоемкость выполнения i-ой операции	Ti	час	
	Заготовительные			0,3
	Сборочные			4,2
	Испытательные			4,0
19	Капиталообразующие инвестиции. Коэффициент	K _{инв}	%	0,15

Статья «Сырье и материалы» расчет затрат:

$$M = C_m * Q_m (1 + K_{тзр}/100 - K_{вот}/100), \quad (6.1.1)$$

где C_m - цена материала оптовая i-го вида, руб.,

Q_m –расходная норма материала i-го вида, кг, м.

$K_{тзр}$ – расходы транспортно-заготовительного характера, коэффициент, %

$K_{вот}$ – коэффициент возвратных отходов, %.

$$M = 16.170 (1 + 4 / 100 - 2 / 100) = 16.500 \text{ руб}$$

В таблице 6.1.2. приведён расчет затрат на материалы и сырье.

Таблица 6.1.2 – Расчет затрат на материалы и сырье.

№	Материалы	Норма расхода	Средняя цена за ед. измерения, руб.	Сумма, руб.
1.	Сталь	20.0	255	5.100
2.	Чугун	45.0	134	6.030
3.	Алюминий	15.0	336	5.025
Итого:				16.170
$K_{тзр}$				4%
$K_{вот}$				3%
Всего:				16.500

Статья «Покупные полуфабрикаты и изделия» расчет затрат:

$$\Pi_i = \Pi_i * n_i (1 + K_{\text{тзр}} / 100), \quad (6.1.2)$$

где Π_i – цена оптовая покупных полуфабрикатов и изделий, руб.

n_i – покупные изделия и полуфабрикаты, шт.

$$6. \quad \Pi_i = 8.000 * (1 + 4 / 100) = 8.320 \text{ руб}$$

В таблице 6.1.3 представлен расчет затрат на покупные полуфабрикаты и изделия

Таблица 6.1.3 - Расчет затрат на покупные полуфабрикаты и изделия.

№ п/п	Наименование полуфабрикатов	Количество	Средняя цена за 1шт, руб.	Сумма, руб.
1.	Клапанно – редукторная группа	1	2.100	2.100
2.	Газовый баллон	1	2.000	2.000
3.	Газопроводы	1	1.320	1.320
4.	Заправочное устройство	1	650	650
5.	Комплект газовых форсунок	1	1.930	1.930
Итого:				8.000
Ктзр				4%
Всего:				8.320

Статья «Основная заработная плата производственных рабочих» расчет затрат:

$$З_o = З_t (1 + K_{\text{прем.}} / 100), \text{ руб.} \quad (6.1.3)$$

Где - $З_t$ – тарифная ззаработная плата, руб

$$З_t = C_{p.i} * T_i, \text{ руб.} \quad (6.1.4)$$

где - $C_{p.i}$ – тарифная ставка почасовая, руб ,

T_i – показатель трудоемкости выполнения операции, час.

$K_{\text{прем.}}$ – коэффициент премий и доплат, , %.

В таблице представлен расчет заработной платы производственных рабочих 6.1.4.

Таблица 6.1.4 - Расчет заработной платы производственных рабочих

№ п/п	Виды операций	Разряд работы	Трудоемкость	Часовая тарифная ставка, руб.	Тарифная зарплата, руб.
1.	Заготовительные	3	4,3	22,60	97,18
2.	Сборочные	3	4,3	22,60	97,18
3.	Испытательные	4	4,1	24,10	98,81
Итого:					293,17
К _{прем}					18%
Всего:					345,94

Статья «Дополнительная заработная плата производственных рабочих» расчет затрат:

$$З_{\text{доп}} = З_o * K_{\text{вып}}, \text{ руб.} \quad (6.1.5)$$

где $K_{\text{вып}}$ – коэффициент выплат или доплат не связанных с работой на производстве, %

$$З_{\text{доп}} = 345,94 * 0,1 = 34,59 \text{ руб}$$

Статья «Отчисления в единый социальный налог» расчет затрат:

$$C_{\text{соц}} = (З_o + З_{\text{доп}}) * E_{\text{соц}}, \text{ руб.} \quad (6.1.6)$$

где $E_{\text{соц}}$ – коэффициент отчислений в социальные фонды, %

$$C_{\text{соц}} = (345,94 + 34,59) * 0,356 = 135,47 \text{ руб}$$

Статья «Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования» расчет затрат

$$C_{\text{сод. об}} = З_o * E_{\text{обор}}, \text{ руб.} \quad (6.1.7)$$

где $E_{\text{обор}}$ – коэффициент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования, %

$$C_{\text{сод. об}} = 345,94 * 2 = 691,88 \text{ руб}$$

Статья «цеховые расходы» расчет затрат:

$$C_{\text{цех}} = З_o * E_{\text{цех}}, \text{ руб.} \quad (6.1.8)$$

где $E_{\text{цех}}$ – коэффициент цеховых расходов, %

$$C_{\text{цех}} = 345,94 * 1,25 = 432,42 \text{ руб}$$

Статья «Расходы на инструмент и оснастку» расчет затрат:

$$C_{\text{инстр}} = Z_o * E_{\text{инстр}}, \text{ руб}, \quad (6.1.9)$$

где $E_{\text{инстр}}$ – коэффициент расходов на оснастку и инструмент, %

$$C_{\text{инстр}} = 345,94 * 0,05 = 17,29 \text{ руб}$$

Цеховая себестоимость расчет:

$$C_{\text{цех}} \text{ с/с} = M + \Pi + Z_o + Z_{\text{доп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{сод.об}} + C_{\text{цех}} + C_{\text{инстр}} \quad (6.1.10)$$

$$C_{\text{цех}} \text{ с/с} = 16500 + 8320 + 345,94 + 34,95 + 135,47 + 691,88 + 432,42 + 17,29 = 26477,95 \text{ руб}$$

Статья «Общезаводские расходы» расчет затрат:

$$C_{\text{об.зав}} = Z_o * E_{\text{об.зав}}, \text{ руб}, \quad (6.1.11)$$

где $E_{\text{об.зав}}$ – коэффициент общезаводских расходов, %

$$C_{\text{об.зав}} = 345,94 * 1,75 = 605,3 \text{ руб}$$

Общезаводской себестоимости, расчет:

$$\begin{aligned} C_{\text{об.зав}} \text{ с/с} &= C_{\text{об.зав}} + C_{\text{цех}} \text{ с/с}, \text{ руб} \\ C_{\text{об.зав}} \text{ с/с} &= 605,3 + 26477,95 = 27083,34 \text{ руб} \end{aligned} \quad (6.1.12)$$

Статья «Коммерческие расходы» расчет затрат:

$$\begin{aligned} C_{\text{ком}} &= C_{\text{об.зав}} \text{ с/с} * E_{\text{ком}} \\ C_{\text{ком}} &= 27083,34 * 0,05 = 1354,1 \text{ руб} \end{aligned} \quad (6.1.13)$$

Полная себестоимости, расчет :

$$C_{\text{полн}} = C_{\text{об.зав}} \text{ с/с} + C_{\text{ком}} \quad (6.1.14)$$

$$C_{\text{полн}} = 27083,34 + 1354,1 = 28437,5 \text{ руб}$$

Расчет отпускной цены базового и проектируемого силового агрегата:

$$\Pi_{\text{отп б}} = C_{\text{полн б}} * (1 + K_{\text{рент}}), \text{ руб} \quad (6.1.15)$$

$$\Pi_{\text{отп п}} = C_{\text{полн п}} * (1 + K_{\text{рент}}), \text{ руб} \quad (6.1.16)$$

где $K_{\text{рент}}$ – коэффициент плановых накоплений и рентабельности, %

$$\Pi_{\text{отп п}} = 28437,5 * (1 + 0,3) = 36968,7 \text{ руб}$$

$$\Pi_{\text{отп б}} = 27083,34 * (1 + 0,3) = 35208,3 \text{ руб}$$

В таблице 6.1.15 представлены Затраты на производство базового и проектируемого двигателя

Таблица 6.1.15. - Затраты на производство базового и проектируемого двигателя

№	Наименование	Обознач.	Затраты на ед. изд. (база)	Затраты на ед. изд. (проект)
1	Основные материалы. Стоимость	М	15180	16500
2	Комплектующие изделия. Стоимость	Пи	1320	8000
3	Основная заработная плата производственных рабочих	З _{о.}	340,2	345,94
4	Дополнительная заработная плата производственных рабочих	З _{доп.}	32,95	34,95
5	Отчисления на социальные нужды	С _{соц.н}	127,47	135,47
6	Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	С _{сод.обор}	615,2	691,88
7	Цеховые расходы	С _{цех}	432,42	435,3
8	Расходы на инструмент и оснастку	С _{инстр}	17,29	17,29
9	Цеховая себестоимость	С _{цех с/с}	26477,95	26477,95
10	Общезаводские расходы	С _{об.завод}	605,3	605,3
11	Общезаводская себестоимость	С _{обз. с/с}	27083,34	26286,07
12	Коммерческие расходы	С _{ком}	1314,30	1354,1
13	Полная себестоимость	С _{пол}	27083,34	28437,5
14	Отпускная цена	Π _{отп}	35208,3	36968,7

6.2 Анализ порога безубыточности

Для аналитического и графического определения точки безубыточности рассчитаем следующие показатели:

Переменные затраты:

на единицу изделия

$$З_{\text{перем.уд}} = М + \Pi_{\text{и}} + З_{\text{о}} + З_{\text{доп}} + С_{\text{соц}} \quad (6.2.1)$$

$$З_{\text{перем.уд п}} = 16500 + 8320 + 345,94 + 34,95 + 135,47 = 25336,26 \text{ руб}$$

$$З_{\text{перем.уд б}} = 15180 + 1320 + 340,2 + 32,95 + 127,47 = 17000,62 \text{ руб}$$

на годовую программу выпуска изделия

$$З_{\text{перем.}} = З_{\text{перем.уд}} * V_{\text{год}} \quad (6.2.2)$$

$$З_{\text{перем. п}} = 25336,26 * 50000 = 1266813 \text{ тыс.руб}$$

$$З_{\text{перем. б}} = 17000,62 * 50000 = 850031 \text{ тыс.руб}$$

Постоянные затраты:

на единицу изделия

$$З_{\text{пост.уд}} = (С_{\text{сод.обор}} + С_{\text{инстр}}) * 0,87 + С_{\text{цех}} + С_{\text{об.зав}} + С_{\text{ком}} + А_{\text{м.уд}}$$

Где $A_{\text{м.уд}}$ – амортизационные отчисления, руб;

$$A_{\text{м.уд}} = (С_{\text{сод.обор}} + С_{\text{инстр}}) * N_{\text{л}} \quad (6.2.3)$$

$N_{\text{л}}$ – амортизационные отчисления, %

$$N_{\text{л}} = 13\%$$

$$A_{\text{м.уд б}} = (615,2 + 17,29) * 0,13 = 82,2 \text{ руб}$$

$$З_{\text{пост.уд б}} = (615,2 + 17,29) * 0,87 + 432,1 + 605,3 + 1314,30 + 82,2 = 2987,3 \text{ руб}$$

$$A_{\text{м.уд п}} = (691,88 + 17,29) * 0,13 = 92,19 \text{ руб}$$

$$З_{\text{пост.уд п}} = (691,88 + 17,29) * 0,87 + 435,3 + 605,3 + 1354,1 + 92,19 = 3103,8 \text{ руб}$$

на годовую программу выпуска

$$З_{\text{пост. п}} = З_{\text{пост.уд}} * V_{\text{год}} = 3103,8 * 50000 = 1551933 \text{ тыс.руб} \quad (6.2.4)$$

$$З_{\text{пост. б}} = 2987,3 * 50000 = 1493650 \text{ тыс.руб}$$

Полная себестоимость годовой программы выпуска:

$$С_{\text{полн. г}} = С_{\text{полн}} * V_{\text{год}} \quad (6.2.5)$$

$$С_{\text{полн. г п}} = 28437,5 * 50000 = 1421875 \text{ тыс.руб}$$

$$С_{\text{полн. г б}} = 27083,34 * 50000 = 1354167 \text{ тыс.руб}$$

Выручка от реализации изделия:

$$\text{Выручка} = \Pi_{\text{опт.}} * V_{\text{год}} \quad (6.2.6)$$

$$\text{Выручка п} = 36968,7 * 50000 = 1848435 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Выручка б} = 35208,3 * 50000 = 1760415 \text{ тыс.руб}$$

Маржинальный доход:

$$Д_{\text{марж}} = \text{Выручка} - З_{\text{перем}} \quad (6.2.7)$$

$$Д_{\text{марж п}} = 1848435 - 1266813 = 581622 \text{ тыс.руб}$$

$$Д_{\text{марж б}} = 1760415 - 850031 = 910384 \text{ тыс.руб}$$

Критический объем продаж:

$$А_{\text{кр}} = З_{\text{пост.}} / (\Pi_{\text{отп.}} - З_{\text{перем.уд.}}) \quad (6.2.8)$$

$$А_{\text{кр п}} = 15519339 / (36968,7 - 25336,26) = 13341 \text{ шт}$$

$$\Delta = (50000 - 13341) / (6 - 1) = 7332 \text{ шт}$$

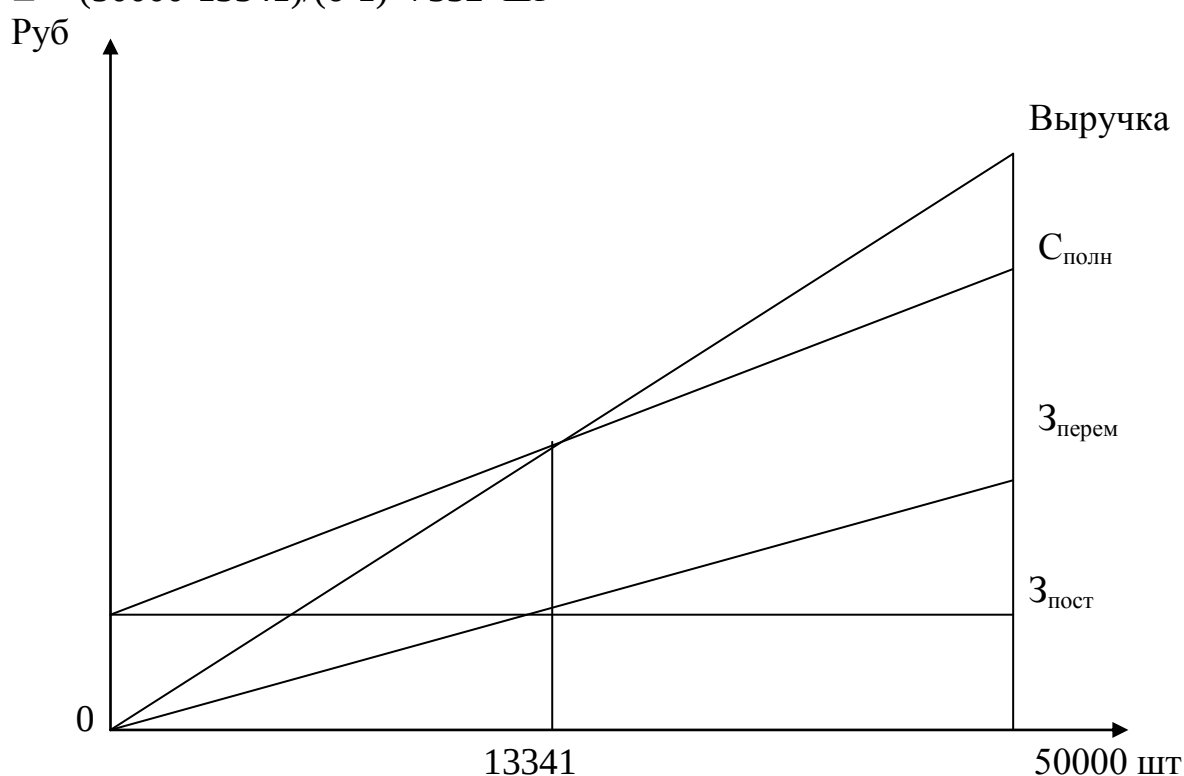


Рисунок 6.1 – графический метод определения точки безубыточности

6.3 Расчет коммерческой эффективности проекта

Годовая выручка:

$$\text{Выручка } i = \Pi_{\text{отп}} * V_{\text{прод.}i} \quad (6.3.1)$$

Выручка 1 б= 727861тыс.руб	Выручка 1 п= 764254тыс.руб
Выручка 2 б=986008 тыс.руб	Выручка 2 п=1035308тыс.руб
Выручка 3 б=1244155тыс.руб	Выручка 3 п=1306363тыс.руб
Выручка 4 б=1502303тыс.руб	Выручка 4 п=1577417тыс.руб
Выручка 5 б=1692287тыс.руб	Выручка 5 п=1848472тыс.руб

Годовые затраты:

$$З_{\text{перем.}i} = З_{\text{перем.уд}} * V_{\text{прод.}i} \quad (6.3.2)$$

$З_{\text{перем}} 1б = 147667 \text{ тыс.руб}$	$З_{\text{перем}} 1п = 220070,7 \text{ тыс.руб}$
$З_{\text{перем.}2б} = 272316 \text{ тыс.руб}$	$З_{\text{перем.}2п} = 405836,2 \text{ тыс.руб}$

$З_{\text{перем. } 3б} = 396964 \text{ тыс.руб}$	$З_{\text{перем. } 3п} = 591601,6 \text{ тыс.руб}$
$З_{\text{перем. } 4б} = 521613 \text{ тыс.руб}$	$З_{\text{перем. } 4п} = 777367,1 \text{ тыс.руб}$
$З_{\text{перем. } 5б} = 646262 \text{ тыс.руб}$	$З_{\text{перем. } 5п} = 963132,5 \text{ тыс.руб}$

Амортизационные отчисления:

$$A_m = A_{m \text{ уд}} * V_{\text{год}} = 92,19 * 50000 = 4609 \text{ тыс.руб} \quad (6.3.3)$$

Себестоимость по годам, полная:

$$C_{\text{полн. } i} = Z_{\text{перем. } i} + Z_{\text{пост}} \quad (6.3.4)$$

$$C_{\text{полн. } 1б} = 147667 + 149365 = 297032 \text{ тыс.руб}$$

$$C_{\text{полн. } 2б} = 272315 + 149365 = 421680 \text{ тыс.руб}$$

$$C_{\text{полн. } 3б} = 396964 + 149365 = 546329 \text{ тыс.руб}$$

$$C_{\text{полн. } 4б} = 521613 + 149365 = 670978 \text{ тыс.руб}$$

$$C_{\text{полн. } 5б} = 646261 + 149365 = 795626 \text{ тыс.руб}$$

$$C_{\text{полн. } 1п} = 220070 + 155193 = 375263 \text{ тыс.руб}$$

$$C_{\text{полн. } 2п} = 405836 + 155193 = 561029 \text{ тыс.руб}$$

$$C_{\text{полн. } 3п} = 591601 + 155193 = 746794 \text{ тыс.руб}$$

$$C_{\text{полн. } 4п} = 777367 + 155193 = 932560 \text{ тыс.руб}$$

$$C_{\text{полн. } 5п} = 963132 + 155193 = 1118325 \text{ тыс.руб}$$

6.4 Расчет общественной эффективности проекта

Расчет экономии от снижения расхода топлива. Расчет годовых моточасов работы силового агрегата при средних оборотах ДВС

$$Z = D_k * T_n * a, \text{ час/год} \quad (6.4.1.1.)$$

Где D_k – количество календарных дней в году, $D_k = 356$;

T_n – продолжительность работы в сутки, $T_n = 8$ час;

a – коэффициент использования силового агрегата, $a = 0,7$.

$$Z = 356 * 8 * 0,7 = 1993,6 \text{ час/год} \quad (6.4.1.2)$$

Расчет объема транспортной работы

$$W = Z * N_e * b * r, \text{ кВт/час} \quad (6.4.1.3)$$

Где N_e – мощность ДВС при $n = 2500$ мин, кВт;

b – коэффициент использования моточасов, $b = 0,6$;

r – коэффициент использования мощности, $r = 0,95$.

$$W_{\Pi} = 2 * 44,6 * 0,6 * 0,95 = 50,84 \text{ кВт/час}$$

$$W_6 = 2 \cdot 57,2 \cdot 0,6 \cdot 0,95 = 65,21 \text{ кВт/час}$$

Расчет затрат на топливо

$$З_т = Ц_т \cdot g_e \cdot K_з, \text{руб/ кВт*час} \quad (6.4.1.4)$$

Где g_e – удельный расход топлива, кг/кВт*час;

$Ц_т$ – цена топлива, руб/ кг;

$K_з$ – коэффициент повышения расхода топлива в зимний период, $K_з = 1,04$.

$$З_{т\text{ п}} = 5,6 \cdot 3 \cdot 1,04 = 17,47 \text{ руб/ кВт*час}$$

$$З_{т\text{ б}} = 7 \cdot 7 \cdot 1,04 = 50,96 \text{ руб/ кВт*час}$$

Расчет годовых эксплуатационных затрат базового и нового силового агрегата при одном и том же объеме транспортной работы

$$C = W \cdot З_т, \text{руб.} \quad (6.4.1.5)$$

$$C_{\text{п}} = 50,84 \cdot 17,48 = 888,3 \text{ руб}$$

$$C_{\text{б}} = 65,21 \cdot 50,96 = 3323 \text{ руб}$$

Годовая экономия от снижения расхода топлива равна:

$$Г_{э.т.} = C_{\text{н.}} - C_{\text{б.}}, \text{руб.} \quad (6.4.1.6)$$

$$Г_{э.т.} = 3323 - 888,3 = 2434,7 \text{ руб}$$

Уменьшение ущерба от выброса вредных веществ

Снижение ущерба от выбросов вредных веществ можно рассчитать по формуле:

$$У_{э} = У_{\text{б}} - У_{\text{н}} = 10^{-3} \cdot Z_{\text{год}} \cdot \Sigma (N_{r.i.b.} \cdot C_{r.i.b.} \cdot f_{r.b.} + N_{z.i.b.} \cdot C_{z.i.b.} \cdot f_{z.b.}) \cdot N - 10^{-3} \cdot Z_{\text{год}} \cdot \Sigma (N_{r.i.n.} \cdot C_{r.i.n.} \cdot f_{r.n.} + N_{z.i.n.} \cdot C_{z.i.n.} \cdot f_{z.n.}) \cdot N \quad (6.4.2.1)$$

где $У_{\text{б.}}$; $У_{\text{н.}}$ – ущерб от выброса вредного вещества автомобилем базовым и новым, соответственно

$N_{r.i}$ – пробеговой выброс вредного вещества в городе, г/км;

$N_{z.i}$ – пробеговой выброс вредного вещества за городом, г/км;

$C_{r.i.}$ – удельный ущерб от выброса вредного вещества в городе, руб/т

$C_{z.i.}$ – удельный ущерб от выброса вредного вещества за городом, руб/т

$Z_{\text{год}}$ – средний годовой пробег, $Z_{\text{год}} = 15\,000$ км

N – коэффициент, учитывающий изменение выброса вредного вещества в зависимости от пробега автомобиля с начала эксплуатации, $N = 0,504$.

$f_{r.}$ – доля годового пробега автомобиля в городе

$f_{z.}$ – доля годового пробега автомобиля за городом

$$У_{э} = 10 \cdot 15000 ((2,72 \cdot 3380 \cdot 50,4 + 2,72 \cdot 4830 \cdot 49,6) +$$

$$(0,77 \cdot 8700 \cdot 50,4 + 0,77 \cdot 13050 \cdot 49,6) + (0,2 \cdot 9670 \cdot 50,4 +$$

$0,2*14500*49,6)) * 0,504 -$
 $10*15000((2,721180*50,4+2,72*1687*49,6)+(0,77*10733*50,4+$
 $0,77*16100*49,6)+(0,2*55602,5*50,4+0,2*83375*49,6)) * 0,504 = 7120,64 \text{ руб}$
 Исходные данные для расчета экономии от снижения расхода топлива и
 уменьшения выбросов вредных веществ.

Таблица 6.4.2.1 - Исходные данные для расчета

№ пп	Наименование показателей	Ед.изм.	Базовый силовой агрегат	Новый силовой агрегат
	Распределение пробега автомобиля: - в городе - вне города	% %	50,4 49,6	50,4 49,6
	Нормы ЕЭК ООН на удельное содержание вредных веществ в отработанных газах:			
	CO	г/км	2,72	0,95
	C _n H _m	г/км	0,77	0,95
	NO _x	г/км	0,20	1,15

Таблица 6.4.2.2 - Удельный ущерб от выброса вредных веществ в атмосферу

№ п/п	Вредные вещества	Ед.из м.	Базовый силовой агрегат	Новый силовой агрегат
1	CO	Руб/т	3370-4810*	1170-1669
2	C _n H _m	Руб/т	8690-12950*	10693-16025
3	NO _x	Руб/т	9662-14470*	55597,4- 83368
	*Примечание: Верхние значения ущерба принимаются для города, нижние – для движения вне города.			

Суммирование полученных эффектов определяет общественнозначимую экономию:

$$\text{Эобщ.} = \text{Гэ.т.} + \text{Уэ} * \text{Vi.} + \text{Пр.ож.д.} + \text{При.ож.н.} \quad (6.4.2.2)$$

$$\text{Эобщ.1} = 2334,7 + 7120,64 * (11405 + 7719 * 1) = 136177,45 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Эобщ.2} = 2334,7 + 7120,64 * (11405 + 7719 * 2) = 191141,67 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Эобщ.3} = 2334,7 + 7120,64 * (11405 + 7719 * 3) = 246105,89 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Эобщ.4} = 2334,7 + 7120,64 * (11405 + 7719 * 4) = 301070,11 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Эобщ.5} = 2334,7 + 7120,64 * (11405 + 7719 * 5) = 356034,33 \text{ тыс.руб}$$

Прибыль облагающаяся налогами по годам:

$$\text{Пр.обл.}i \text{ б} = \text{Выручка б.} - \text{Сполн.б} \quad (6.4.2.3)$$

$$\text{Пр.обл.}i \text{ п} = \text{Выручка п.} - \text{Сполн.п} \quad (6.4.2.4)$$

$$\text{Пр.обл.1 б} = 47292 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Пр.обл.1 п} = 82798 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Пр.обл.2 б} = 105848 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Пр.обл.2 п} = 165589 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Пр.обл.3 б} = 164403 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Пр.обл.3 п} = 248284 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Пр.обл.4 б} = 222964 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Пр.обл.4 п} = 331099 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Пр.обл.5 б} = 281529 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Пр.обл.5 п} = 413989 \text{ тыс.руб}$$

Налог на прибыль—24% от прибыли облагающейся налогами по годам:

$$\text{Нпр.}i = \text{Пр.обл.}i * 0,24 \quad (6.4.2.5)$$

$$\text{Нпр.1б} = 11350 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Нпр.1п} = 19873 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Нпр.2б} = 25403 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Нпр.2п} = 39743 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Нпр.3б} = 39457 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Нпр.3п} = 59615 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Нпр.4б} = 53511 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Нпр.4п} = 79785 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Нпр.5б} = 67567 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Нпр.5п} = 99362 \text{ тыс.руб}$$

Чистая прибыль, рассчитываемая по годам:

$$\text{Пр.ч.}i = \text{Пр.обл.}i - \text{Нпр.}i \quad (6.4.2.6)$$

$$\text{Пр.ч1б} = 35942 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Пр.ч1п} = 62930 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Пр.ч.2б} = 80444 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Пр.ч2п} = 125855 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Пр.ч.3б} = 124946 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Пр.ч3п} = 188780 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Пр.ч.4б} = 169453 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Пр.ч4п} = 251704 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Пр.ч.5б} = 213962 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Пр.ч5п} = 314645 \text{ тыс.руб}$$

Чистый доход, рассчитываемый по годам:

$$\text{Чд}i = \text{Пр.ч.}i \text{ б} - \text{Пр.ч.}i \text{ п} + \text{Ам} + \text{Эобщ} \quad (6.4.2.7)$$

$$\text{Чд1} = 112175 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Чд2} = 148716 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Чд3} = 185258 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Чд4} = 221804 \text{ тыс.руб}$$

$$\text{Чд5} = 258337 \text{ тыс.руб}$$

Дисконтирование денежного потока:

$$\text{Норматив дисконтирования } E = 20\%$$

$$= 0,833; \quad = 0,694; \quad = 0,579; \quad = 0,482; \quad = 0,402.$$

Чистый дисконтированный доход:

$$\text{ЧДД}_i = \text{ЧД} * (E) \quad (6.4.2.8)$$

$\text{ЧДД}_1 = 93442 \text{ тыс.руб}$
 $\text{ЧДД}_2 = 103209 \text{ тыс.руб}$
 $\text{ЧДД}_3 = 107264 \text{ тыс.руб}$
 $\text{ЧДД}_4 = 106910 \text{ тыс.руб}$
 $\text{ЧДД}_5 = 103851 \text{ тыс.руб}$

Суммарный ЧДД:

$$\text{ЧДД} = 513977,81 \text{ тыс.руб}$$

Потребность в капиталобразующих инвестициях:

$$J_0 = K_{\text{инв}} * \text{Сполн.уд.} \quad (6.4.2.9)$$

$$J_0 = 0,1 * 3798999,9 = 379899,99 \text{ тыс.руб}$$

Индекс доходности:

$$JD = \text{ЧДД} / J_0 \quad (6.4.2.10)$$

$$JD = 514675,93 / 388822,99 = 1,3$$

Срок окупаемости:

$$\text{Токуп} = J_0 / \text{ЧДД} = 388822,99 / 514675,93 = 0,75 \text{ года} \quad (6.4.2.11)$$

Чистый дисконтированный доход:

$$\text{ЧДД} = \text{ЧДД} - J_0 = 514675,93 - 388822,99 = 126115,87 \text{ тыс.руб} \quad (6.4.2.12)$$

Таблица 6.4.2.3 - Показатели экономической эффективности проекта

№	Наименование	Годы					
		0	1	2	3	4	5
1.	Объем продаж $V_{\text{прод}}$, шт		19122	26841	34560	42279	50000
2.	Отпускная цена за единицу продукции $C_{\text{отп}}$, руб		36968,7				
3.	Выручка, тыс.руб		764253,9	1035308,4	1306362,9	1577417,4	1848471,9
4.	$Z_{\text{перем}}$ Переменные затраты, тыс.руб		220070,7	405836,2	591601,6	777367,1	963132,5
5.	A_m Амортизация, тыс.руб		4609				
6.	$C_{\text{полн}}$ Полная себестоимость, тыс.руб		375264	561030	746795	932561	1118326
7.	Прибыль облагаемая		82799	165589	248284	331100	413988

	налогом, тыс.руб						
8.	Налог на прибыль (от прибыли облагаемая налогом), тыс.руб		19871	39696	59604	79455	99287
9.	Прибыль чистая, руб		62929,5	125854,7	188779,7	251703,9	314644,8
10	ЧД. Чистый поток реальных денег, тыс.руб		112175,1	148716,2	185257,6	221804,2	258336,6
11	E=20% Коэффициент дисконтирования при		0,833	0,694	0,579	0,482	0,402
12	ЧД* (E). Чистый дисконтированный поток реальных денег		595615,7	496214,4	413978,1	34465,3	287410,4
13	Jo Капиталообразующие инвестиции, тыс.руб	379899,99					
14	ЧДД Суммарный чистый дисконтированный поток реальных денег, тыс.руб		513977,81				
15	JD Индекс доходности		1,3				
16	T _{окуп} Срок окупаемости проекта, мес.		9				
17	ЧДД. Чистый дисконтированный доход, тыс.руб		126115,87				

6.5 Выводы и анализ полученных экономических показателей

Предложенное техническое решение повышает конкурентоспособность автомобилей, как на внутреннем, так и на внешнем рынке. Несмотря на то, что происходит удорожание автомобиля в целом, это компенсируется удешевлением и снижением расхода топлива. Кроме того, снижение количества вредных выбросов, поступающих в окружающую среду удовлетворяет современным нормам токсичности.

Определение критического объема производства показало, что годовой объем выпущенной продукции не только способен покрыть все расходы, связанные с производством, но получить прибыль.

Нормативный коэффициент эффективности равен $E_n=0,3$. Расчетный коэффициент эффективности больше нормативного $E_p > E_n$.

Чистый дисконтированный доход положителен и составляет 125,8 миллионов рублей, т.е. проект является эффективным.

Индекс доходности $JD > 1$, поэтому проект эффективен.

Срок окупаемости проекта составляет 0,75 года, что характеризует проект как не рискованный.

Заключение

В данной работе произведена оценка возможностей и эффективности использования в качестве топлива природного газа. Результаты работы позволяют сделать основные заключения:

- рекомендовано использовать природный газ в качестве газомоторного топлива;
- рассчитана и спроектирована система питания природным газом;
- сделаны расчеты, которые показали работоспособность системы питания;
- использование природного газа на 10-15 % уменьшает расход топлива и снижает мощность примерно на 10 %;
- применение газодизельного цикла позволяет улучшить экологичность автомобиля;
- следует ожидать некоторое уменьшение шума силового агрегата вследствие уменьшения жесткости сгорания ($dP/d\varphi$);
- проведено технико-экономическое обоснование проекта, показавшее, что чистый дисконтированный доход положителен и составляет примерно 515 миллионов рублей, т.е. эффективность проекта реальна. Окупаемость проекта составляет 0,75 года, что характеризует проект как не рискованный и позволяет за небольшой срок вернуть вложенные в него средства.
- проведено исследование достигнутого уровня техники показавшее, что предложенный усовершенствованный объект соответствует уровню развития этого вида техники.

Список используемых источников

1. Колчин А. И. , Демидов В.П. «Расчет автомобильных и тракторных двигателей», Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб и доп. – М.: Высш. школа, 1980. - 439 С.
2. Попык К. Г. «Динамика автомобильных и тракторных двигателей», 2-е изд., перераб и доп. – М.: Высш. школа, 1970. – 327С.
3. Топливная экономичность автомобилей с бензиновыми двигателями: Т. У. Асмус и др.; Под ред. Кострова.- Машиностроение ,1988. – 687С.
4. Воинов А.Н. “Процессы сгорания в быстроходных поршневых двигателях” ,М.-“Машиностроение”, 1965. – 387С.
5. Взоров Б. А., Мордухович М. М., Форсирование тракторных двигателей, М., Машиностроение, 1974. – 134С.
6. Афонин С.А. «Газовое оборудование автомобилей Легковые, грузовые», Практическое руководство. – Ростов на Дону, 2001. – 52С.
7. Терентьев Г.А. и др. «Моторные топлива из альтернативных сырьевых ресурсов». - М, Химия, 1989. – 272С.
8. Ameri M., Kiaahmadi F., Khanaki M. Comparative analysis of the performance of a dual-fuel internal combustion engine for CNG and gasoline fuels. - [Текст] Journal of Power Technologies, year 2012, pp. 214–226.
9. E. Pipitone, F. Cagnes, A. Beccari “Performance Prevision of a Turbocharged Natural Gas Fuelled S.I. Engine," SAE Technical Paper 2008-36-0058.
10. Fraser, N., Blaxill, H., Lumsden, G., and Bassett, M., «Challenges for Increased Efficiency through Gasoline Engine Downsizing» SAE Int. J. Engines 2(1):991-1008, 2009, doi:10.4271/2009-01-1053

11. Zurbriggen f. Diesel-minimal combustion control of a natural gas-diesel engine. [Текст] - institute for dynamic systems and control, year 2016, pp. 302–311.
12. Степанов В.Н. Тюнинг автомобильных двигателей. СПб, 2000
13. E. Pipitone, F. Cagnes, A. Beccari “Performance Prevision of a Turbocharged Natural Gas Fuelled S.I. Engine," SAE Technical Paper 2008-36-0058.
14. Arnold, S., "Turbocharging Technologies to Meet Critical Performance Demands of Ultra-Low Emissions Diesel Engines," SAE Technical Paper 2004-01-1359. 2004, doi:10.4271/2004-01-1359.
15. Kolmanovsky, 1., Stefanopoulou, A.G., and Powell, B.K.. Improving turbocharged diesel engine operation with turbo power assist system. In Proceedings of the IEEE Int. Conf on Control Application, 1999.
16. Heikrodt K., Rotary Piston Supercharger for Spark Ignition and Diesel Engines. SAE-paper 890456, 1989.
17. Katrasnik, Tomas, Trenc, Ferdinand, Medica, Vladimir, and Markic, Stojan. An analysis of turbocharged diesel engine dynamic response improvement by electric assisting systems. ASME, Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, 127, October 2005.
18. Lake, T., Stokes, J., Murphy, R., Osborne, R. et al., "Turbocharging Concepts for Downsized DI Gasoline Engines," SAE Technical Paper 2004-01-0036. 2004, doi: 10.4271/2004-01-0036.
19. T. Naganuma, M. Iko, T. Sakonji, F. Shoji: “Basic Research on Combustion Chambers for Lean Burn Gas Engines”, 1992 Int. Gas Research Conf.
20. Вихерт М.М., Грудский Ю.Г. Конструирование впускных систем быстроходных дизелей, – М., Машиностроение, 1982.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

Тяговый расчет газодизельного автомобиля

Исходные данные:

Марка автомобиля	Сержант
Тип привода	Полноприв.
Полная масса, т, кг	900
Передаточные числа:	
коробки передач	
U1	3,7
U2	1,95
U3	1,36
U4	1
U5	0,82
главной передачи	4,1
Габаритные размеры:	
ширина В, м	1,68
высота Н, м	1,64
Тип и размер шин	16
Коэф. перераспределения веса на ведущие колеса λ	1
Коэф. деформации шин Δ	0,15
Коэф. сопротивления воздуха К,	0,3
Условия эксплуатации:	
Горизонтальный участок дороги с асфальтобетонным покрытием:	
коэф. сопротивления качению, f	0,015
коэф. сцепления, φ	0,7
Количество посадочных мест	2
КПД трансмиссии	0,9

Характеристики силового агрегата

Частота вращения коленчатого вала n , об/мин	800	2500	4500	4800
Эффективная мощность N_e , кВт	7,2	21,5	30,2	29,9
Эффективный крутящий момент $M_{кр}$, Нм	86	82	64	59,6
Часовой расход топлива G_t , кг/ч	1,84	5,6	9	9,4
Угловая скорость вращения коленчатого вала силового агрегата, рад/с	83,73	261,667	471	502,4

Расчет динамической характеристики автомобиля

Полная снаряженная масса автомобиля	1050			
Радиус колеса, м	0,32			
Скорость автомобиля (1-я передача), м/с	1,78	5,56	10,00	10,67
Скорость автомобиля (2-я передача), м/с	3,37	10,55	18,98	20,25
Скорость автомобиля (3-я передача), м/с	4,84	15,12	27,22	29,03
Скорость автомобиля (4-я передача), м/с	6,58	20,56	37,01	39,48
Скорость автомобиля (5-я передача), м/с	8,02	25,08	45,14	48,15

Тяговая сила на ведущих колесах (1-я передача), Н	3644,19	3474,69	2711,96	2525,51
Тяговая сила на ведущих колесах (2-я передача), Н	1920,59	1831,26	1429,27	1331,01
Тяговая сила на ведущих колесах (3-я передача), Н	1339,49	1277,18	996,83	928,29
Тяговая сила на ведущих колесах (4-я передача), Н	984,92	939,11	732,96	682,57
Тяговая сила на ведущих колесах (5-я передача), Н	807,63	770,07	601,03	559,71

Максимальное значение тяговой силы по сцеплению колес с дорогой, Н	3965,69			
Сила сопротивления качению, Н	154,51			
Площадь лобовой поверхности, м2	2,15			
Сила сопротивления воздуха (1-я передача), Н	2,04	19,91	64,52	73,41
Сила сопротивления воздуха (2-я передача), Н	7,34	71,69	232,29	264,29
Сила сопротивления воздуха (3-я передача), Н	15,09	147,39	477,55	543,34
Сила сопротивления воздуха (4-я передача), Н	27,92	272,61	883,27	1004,97
Сила сопротивления воздуха (5-я передача), Н	41,52	405,44	1313,61	1494,60

Скорость автомобиля (1-я передача), км/ч	6,40	20,01	36,01	38,41
Скорость автомобиля (2-я передача), км/ч	12,15	37,96	68,33	72,89
Скорость автомобиля (3-я передача), км/ч	17,42	54,43	97,98	104,51
Скорость автомобиля (4-я передача), км/ч	23,69	74,03	133,25	142,13
Скорость автомобиля (5-я передача), км/ч	28,89	90,28	162,50	173,33

Динамический фактор				
1 - я передача	0,35	0,33	0,25	0,24
2 - я передача	0,18	0,17	0,13	0,12
3 - я передача	0,13	0,12	0,09	0,08

4 - я передача	0,09	0,08	0,06	0,05
5 - я передача	0,07	0,06	0,04	0,04
Мощность (1-я передача), кВт	6,48	19,31	27,13	26,95
Мощность (2-я передача), кВт	6,48	19,31	27,13	26,95
Мощность (3-я передача), кВт	6,48	19,31	27,13	26,95
Мощность (4-я передача), кВт	6,48	19,31	27,13	26,95
Мощность (5-я передача), кВт	6,48	19,31	27,13	26,95

Мощность сопротивления воздуха (1-я передача), кВт	0,00	0,11	0,65	0,78
Мощность сопротивления воздуха (2-я передача), кВт	0,02	0,76	4,41	5,35
Мощность сопротивления воздуха (3-я передача), кВт	0,07	2,23	13,00	15,77
Мощность сопротивления воздуха (4-я передача), кВт	0,18	5,61	32,69	39,68
Мощность сопротивления воздуха (5-я передача), кВт	0,33	10,17	59,29	71,96

Мощность сопротивления качения (1-я передача), кВт	0,27	0,86	1,56	1,66
Мощность сопротивления качения (2-я передача), кВт	0,52	1,64	3,00	3,21
Мощность сопротивления качения (3-я передача), кВт	0,75	2,37	4,41	4,73
Мощность сопротивления качения (4-я передача), кВт	1,02	3,26	6,23	6,72
Мощность сопротивления качения (5-я передача), кВт	1,25	4,03	7,90	8,56

(Nф + Nв) 1-я передача, кВт	0,28	0,97	2,20	2,44
-----------------------------	------	------	------	------

(Nф + Nв) 2-я передача, кВт	0,55	2,40	7,41	8,56
(Nф + Nв) 3-я передача, кВт	0,82	4,60	17,40	20,50
(Nф + Nв) 4-я передача, кВт	1,20	8,87	38,92	46,39
(Nф + Nв) 5-я передача, кВт	1,58	14,20	67,19	80,52

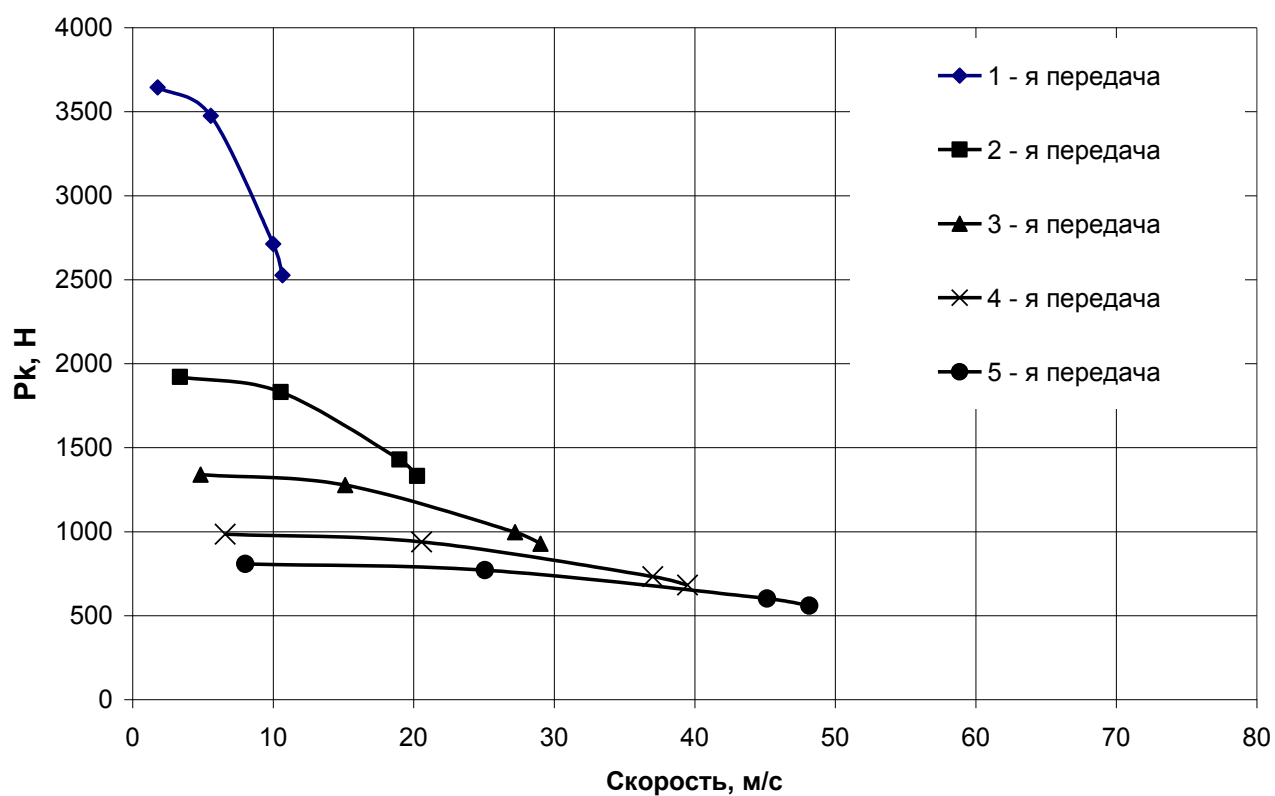


Рисунок А1 - Тяговая сила на ведущих колесах газодизельного автомобиля

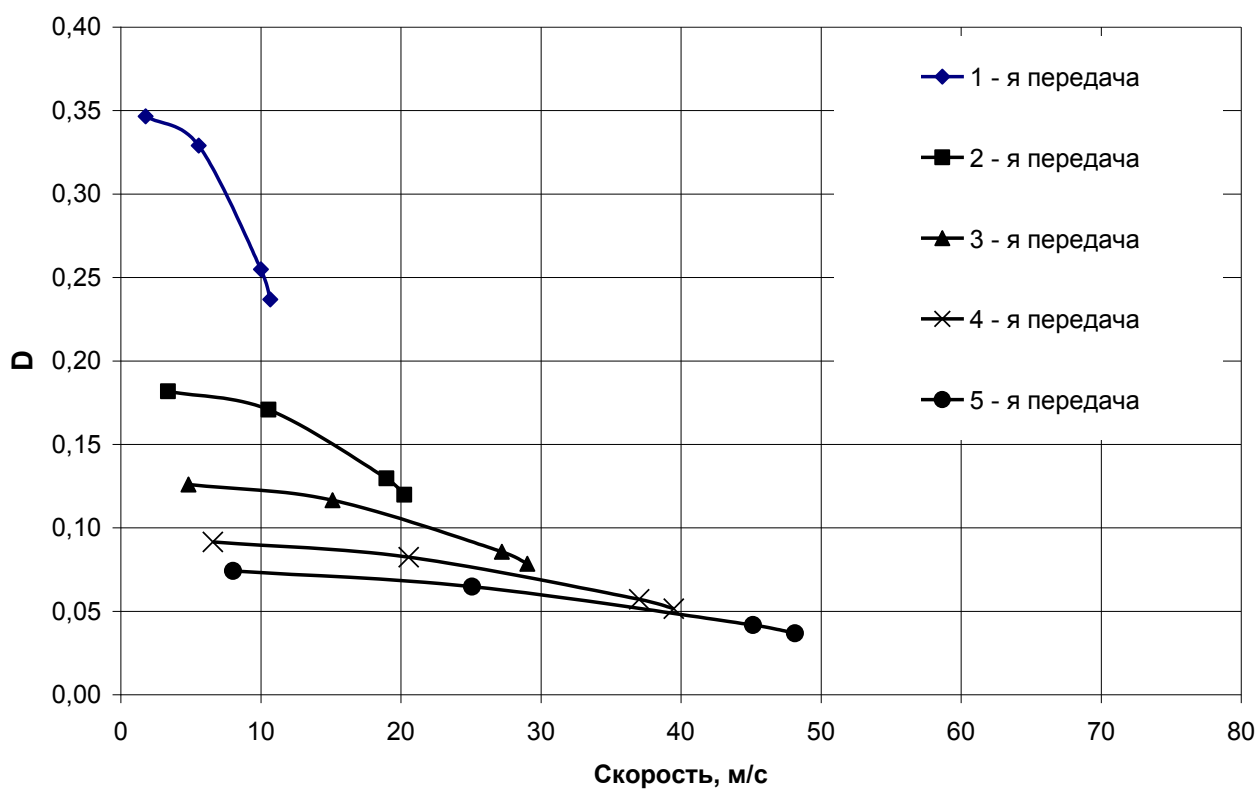


Рисунок А2 - Динамический фактор газодизельного автомобиля

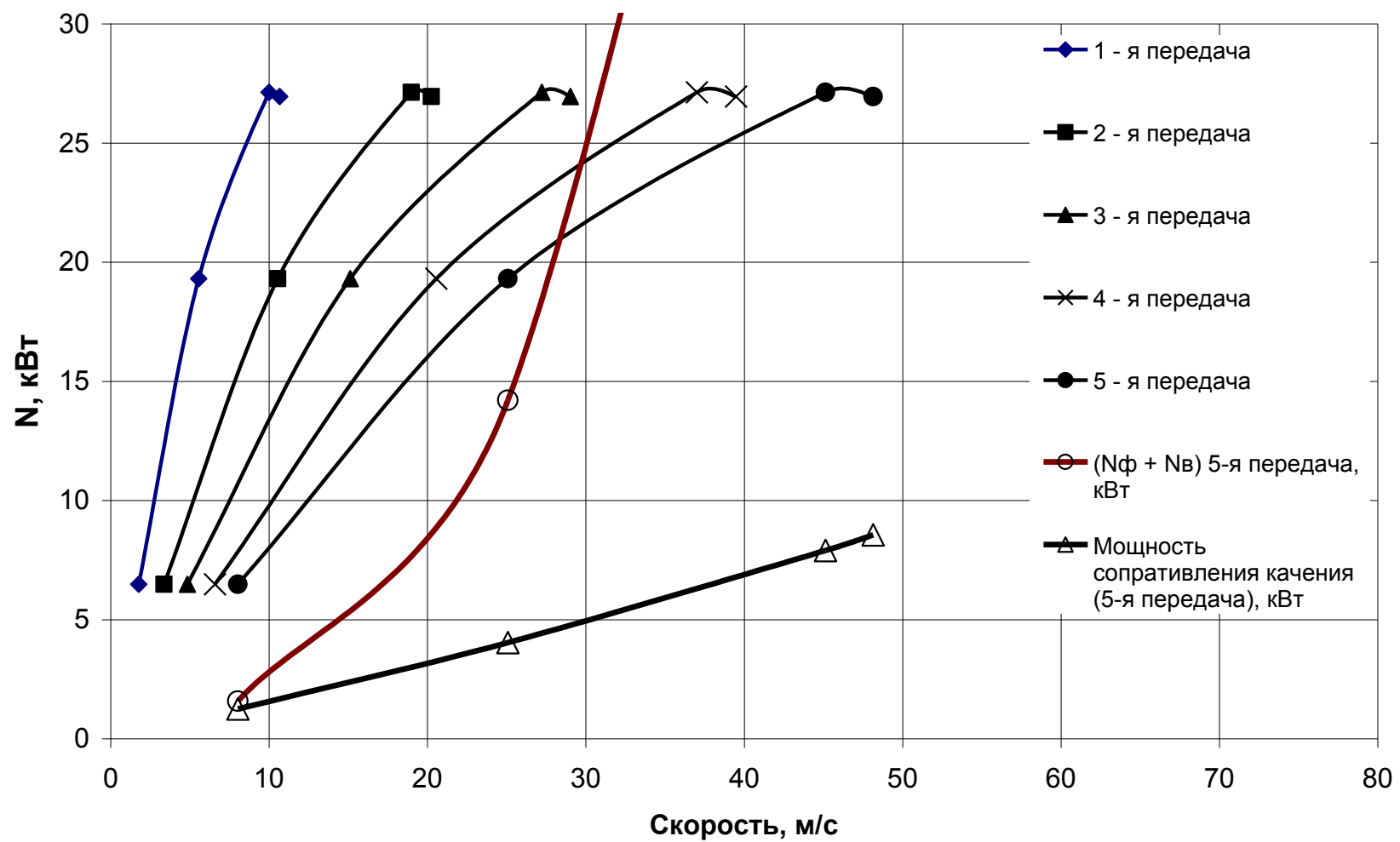


Рисунок А2 - Мощностной баланс газодизельного автомобиля

Тяговый расчет дизельного автомобиля

Исходные данные:

Марка автомобиля	Сержант
Тип привода	Полноприв.
Полная масса, т, кг	900

Передаточные числа:

коробки передач

U1	3,7
U2	1,95
U3	1,36
U4	1
U5	0,82
главной передачи	4,1

Габаритные размеры:

ширина В, м	1,68
высота Н, м	1,64

Тип и размер шин	16
------------------	----

Коэф. перераспределения веса на ведущие колеса λ	1
--	---

Коэф. деформации шин Δ	0,15
-------------------------------	------

Коэф. сопротивления воздуха К,	0,3
--------------------------------	-----

Условия эксплуатации:

Горизонтальный участок дороги
с асфальтобетонным покрытием:

коэф. сопротивления качению, f	0,015
--------------------------------	-------

коэф. сцепления, ϕ	0,7
-------------------------	-----

Количество посадочных мест	2
----------------------------	---

КПД трансмиссии	0,9
-----------------	-----

Характеристики силового агрегата

Частота вращения коленчатого вала n , об/мин	800	2500	4500	4800
Эффективная мощность N_e , кВт	13	27	37	39
Эффективный крутящий момент $M_{кр}$, Нм	87	92	84	71
Часовой расход топлива G_t , кг/ч	1,84	5,6	9	9,4
Угловая скорость вращения коленчатого вала силового агрегата, рад/с	83,73	261,667	471	502,4

Расчет динамической характеристики автомобиля

Полная снаряженная масса автомобиля	1050			
Радиус колеса, м	0,32			
Скорость автомобиля (1-я передача), м/с	1,78	5,56	10,00	10,67
Скорость автомобиля (2-я передача), м/с	3,37	10,55	18,98	20,25
Скорость автомобиля (3-я передача), м/с	4,84	15,12	27,22	29,03
Скорость автомобиля (4-я передача), м/с	6,58	20,56	37,01	39,48
Скорость автомобиля (5-я передача), м/с	8,02	25,08	45,14	48,15

Тяговая сила на ведущих колесах (1-я передача), Н	3686,56	3898,44	3559,44	3008,58
Тяговая сила на ведущих колесах (2-я передача), Н	1942,92	2054,58	1875,92	1585,60
Тяговая сила на ведущих колесах (3-я передача), Н	1355,06	1432,94	1308,34	1105,85
Тяговая сила на ведущих колесах (4-я передача), Н	996,37	1053,63	962,01	813,13
Тяговая сила на ведущих колесах (5-я передача), Н	817,02	863,98	788,85	666,77

Максимальное значение тяговой силы по сцеплению колес с дорогой, Н	3965,69			
Сила сопротивления качению, Н	154,51			
Площадь лобовой поверхности, м2	2,15			
Сила сопротивления воздуха (1-я передача), Н	2,04	19,91	64,52	73,41
Сила сопротивления воздуха (2-я передача), Н	7,34	71,69	232,29	264,29
Сила сопротивления воздуха (3-я передача), Н	15,09	147,39	477,55	543,34
Сила сопротивления воздуха (4-я передача), Н	27,92	272,61	883,27	1004,97
Сила сопротивления воздуха (5-я передача), Н	41,52	405,44	1313,61	1494,60

Скорость автомобиля (1-я передача), км/ч	6,40	20,01	36,01	38,41
Скорость автомобиля (2-я передача), км/ч	12,15	37,96	68,33	72,89
Скорость автомобиля (3-я передача), км/ч	17,42	54,43	97,98	104,51
Скорость автомобиля (4-я передача), км/ч	23,69	74,03	133,25	142,13
Скорость автомобиля (5-я передача), км/ч	28,89	90,28	162,50	173,33

Динамический фактор				
1 - я передача	0,35	0,37	0,34	0,28
2 - я передача	0,18	0,19	0,17	0,14
3 - я передача	0,13	0,13	0,12	0,10

4 - я передача	0,09	0,09	0,08	0,06
5 - я передача	0,08	0,07	0,06	0,05
Мощность (1-я передача), кВт	6,56	21,67	35,61	32,10
Мощность (2-я передача), кВт	6,56	21,67	35,61	32,10
Мощность (3-я передача), кВт	6,56	21,67	35,61	32,10
Мощность (4-я передача), кВт	6,56	21,67	35,61	32,10
Мощность (5-я передача), кВт	6,56	21,67	35,61	32,10

Мощность сопротивления воздуха (1-я передача), кВт	0,00	0,11	0,65	0,78
Мощность сопротивления воздуха (2-я передача), кВт	0,02	0,76	4,41	5,35
Мощность сопротивления воздуха (3-я передача), кВт	0,07	2,23	13,00	15,77
Мощность сопротивления воздуха (4-я передача), кВт	0,18	5,61	32,69	39,68
Мощность сопротивления воздуха (5-я передача), кВт	0,33	10,17	59,29	71,96

Мощность сопротивления качения (1-я передача), кВт	0,27	0,86	1,56	1,66
Мощность сопротивления качения (2-я передача), кВт	0,52	1,64	3,00	3,21
Мощность сопротивления качения (3-я передача), кВт	0,75	2,37	4,41	4,73
Мощность сопротивления качения (4-я передача), кВт	1,02	3,26	6,23	6,72
Мощность сопротивления качения (5-я передача), кВт	1,25	4,03	7,90	8,56

(Nф + Nв) 1-я передача, кВт	0,28	0,97	2,20	2,44
(Nф + Nв) 2-я передача, кВт	0,55	2,40	7,41	8,56
(Nф + Nв) 3-я передача, кВт	0,82	4,60	17,40	20,50
(Nф + Nв) 4-я передача, кВт	1,20	8,87	38,92	46,39
(Nф + Nв) 5-я передача, кВт	1,58	14,20	67,19	80,52

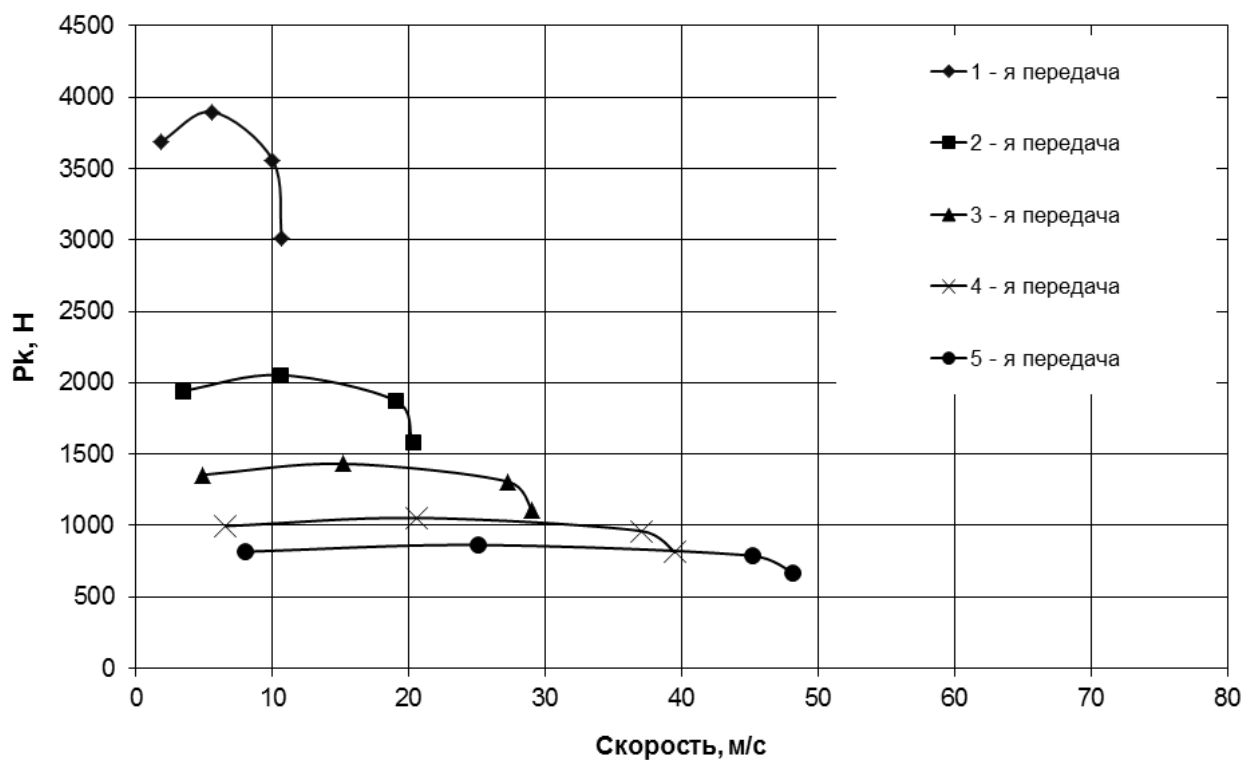


Рисунок А4 - Тяговая сила на ведущих колесах дизельного автомобиля

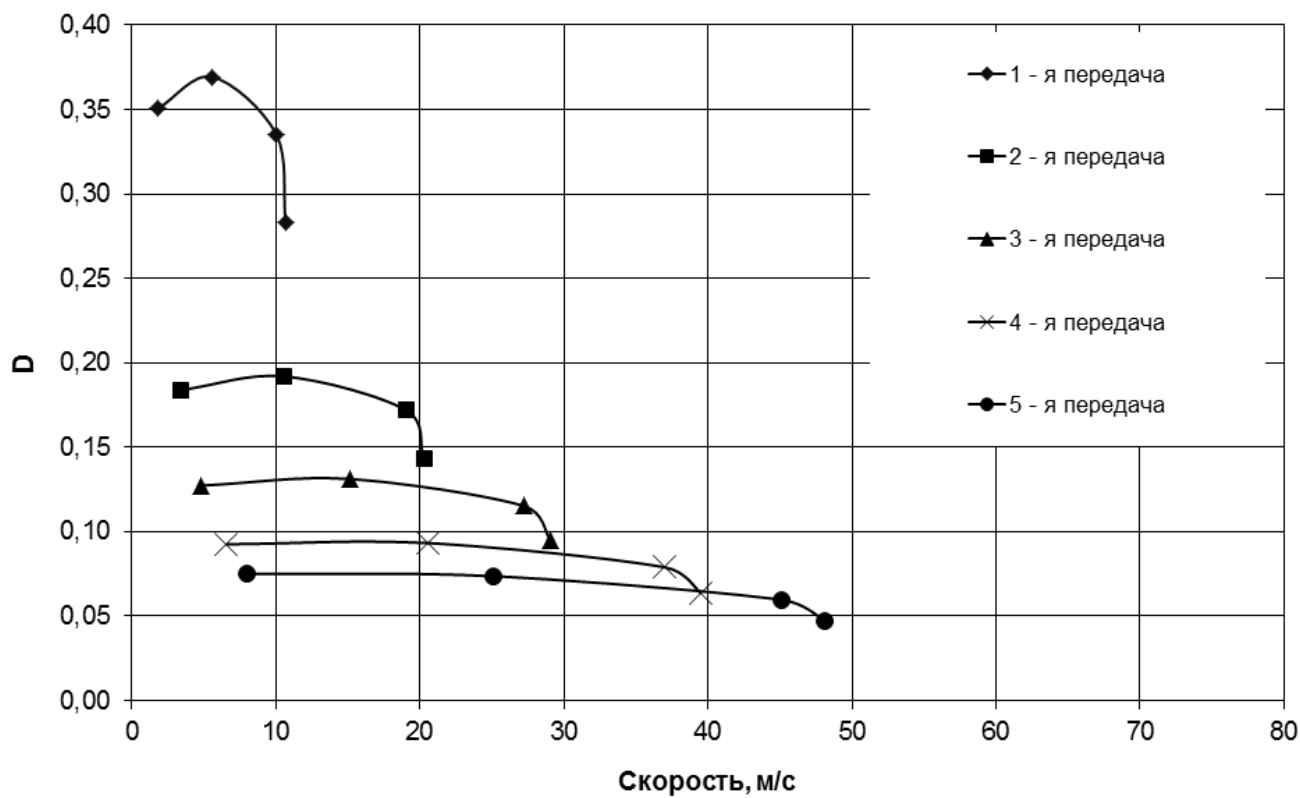


Рисунок А5 - Динамический фактор дизельного автомобиля

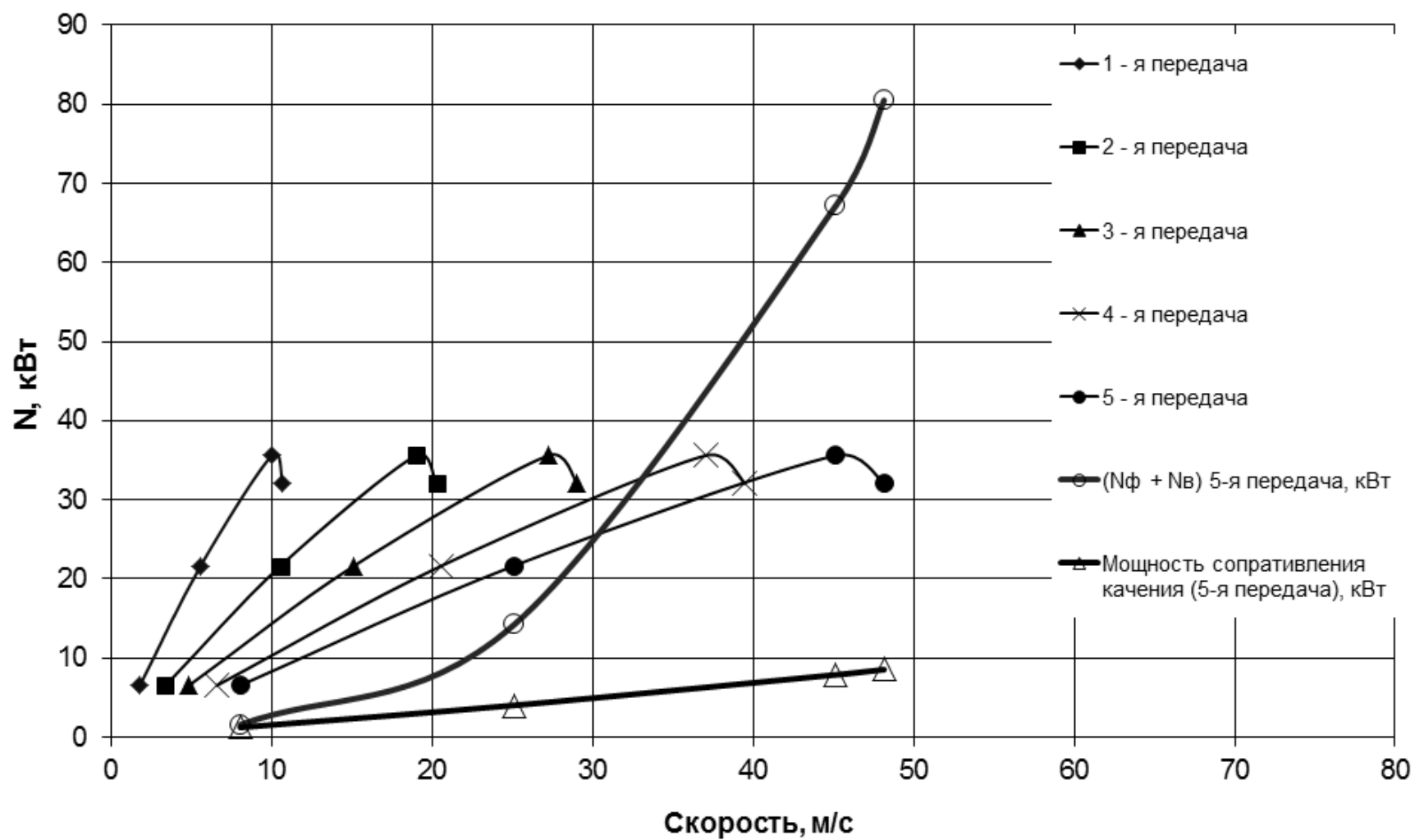


Рисунок А6 - Мощностной баланс дизельного автомобиля

