

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

**Институт машиностроения**

(наименование института полностью)

**Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»**

(наименование)

**23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства**

(код и наименование направления подготовки, специальности)

**Автомобили и тракторы**

(направленность (профиль) / специализация)

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Стенд для испытаний элементов топливной системы легковых автомобилей

Обучающийся

**А.В. Надеждин**

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

**канд. техн. наук И.В. Турбин**

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

Консультанты

**канд. техн. наук А.В. Бобровский**

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

**канд. техн. наук А.Н. Москалюк**

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

**канд. экон. наук Л.Л. Чумаков**

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

Тольятти 2024

## Аннотация

Тема дипломного проекта «Стенд для испытаний элементов топливной системы легковых автомобилей».

Дипломный проект состоит из следующих разделов: введение, шесть глав, раскрывающих тему проекта, заключение, список использованных источников, включая иностранные.

Графическая часть диплома представлена на десяти листах формата А1.

Ключевым вопросом дипломной работы являются современные тенденции в автомобилестроении, которые предъявляют повышенные требования к надежности легковых автомобилей малого и среднего классов. Это требует применения узлов и агрегатов новых типов, работающих на иных механических принципах, нежели традиционные узлы, применяемых в конструкциях агрегатов шасси ранних типов. [3]

Целью работы является разработка стенда для испытаний элементов топливной системы, что дает возможность применения нового функционала, который включает дополнительные режимы работы, расширенные возможности управления процессом испытаний, интеграцию с другими системами и устройствами проведения процесса обкатки. Последующая разработка стенда может иметь потенциал для дальнейшего развития и модернизации, что сделает испытательные лаборатории, оснащенные данным техническим устройством, более конкурентоспособными на рынке.

«Разработанный в рамках серийного производства технологический процесс для устройства проверки и очистки форсунок, может быть использован в практической деятельности лаборатории.» [20]

В конце работы приведены результаты выполненной работы, которые в рамках дипломного проекта имеют не только теоретическое, но также обладают и практическим значением. Разработанная конструкция может быть реализована в рамках серийного производства и использована для транспортных средств.

## **Abstract**

The topic of the graduation project is "A test bench for fuel system elements of passenger cars".

The graduation project consists of the following sections: introduction, six chapters revealing the topic of the project, conclusion, list of sources used, including foreign ones.

The graphic part of the diploma is presented on ten sheets of A1 format.

The key issue of the thesis is the current trends in the automotive industry, which place increased demands on the reliability of passenger cars of small and medium classes. This requires the use of new types of assemblies and assemblies operating on different mechanical principles than traditional assemblies used in the designs of chassis units of early types. [3]

The aim of the work is to develop a test bench for fuel system elements, which makes it possible to use new functionality, which includes additional operating modes, advanced test process control capabilities, integration with other systems and devices for the running-in process. The subsequent development of the stand may have the potential for further development and modernization, which will make testing laboratories equipped with this technical device more competitive in the market.

"The technological process developed within the framework of mass production for the device for checking and cleaning injectors can be used in the practical activities of the laboratory." [20]

At the end of the work, the results of the work performed are presented, which, within the framework of the diploma project, are not only theoretical, but also have practical significance. The developed design can be implemented in the framework of mass production and used for vehicles

## Содержание

Введение .....	6
1 Основание и развитие проекта .....	9
1.1 Анализ аналогов разрабатываемого стенда .....	9
1.2 Анализ реаниматоров форсунок .....	9
2 Тяговый расчет автомобиля .....	17
2.1 Общие положения .....	17
2.2 Масса автомобиля .....	19
2.3 Анализ поступательного движения автомобиля .....	21
2.4 Сила сопротивления подъему .....	24
2.5 Сила инерции автомобиля .....	26
2.6 Подготовка исходных данных для тягового расчета .....	28
2.7 Тяговый расчет автомобиля .....	32
2.8 Сравнение скоростных свойств автомобилей .....	33
2.9 Тяговые характеристики автомобиля .....	37
3 Разработка конструкции .....	40
3.1 Техническое задание .....	40
3.2 Техническое предложение .....	43
3.3 Конструкция устройства. Общая информация .....	51
3.4 Руководство по эксплуатации .....	51
4 Технологический процесс диагностирования форсунок на стенде .....	57
4.1 Особенности устройства систем питания бензиновых двигателей ....	57
4.2 Основные неисправности и способы их устранения .....	59
5 Безопасность и экологичность технического объекта .....	61
5.1 Конструктивная и технологическая характеристика объекта .....	61
5.2 Движение автомобиля при повороте .....	62
5.3 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков .....	66

5.4 Технические меры, применяемые для снижения рисков профессионального характера .....	68
5.5 Функционирование объекта в чрезвычайных и аварийных ситуациях .....	69
6 Экономический раздел дипломного проекта .....	72
6.1 Технико-экономическое обоснование объекта разработки дипломного проекта .....	72
6.2 Расчет затрат и экономической эффективности .....	73
6.3 Расчет экономического эффекта от разработанной конструкции .....	80
Заключение .....	84
Список используемых источников. ....	85
Приложение А Спецификация .....	89

## Введение

Для сопоставительного анализа автомобилей различных компоновочных схем за основу оценки выбрана степень использования объема двигателя, а степени использования длины и площади рассматриваются как вспомогательные. При сравнительных испытаниях автомобилей обычно определяют объемы их багажных отделений, которые включают в общие оценки. Следует отметить, что автомобили классической компоновки и с задним расположением двигателя отличаются небольшими объемами багажных отделений, в то время как у автомобилей с приводом на передние колеса имеются возможности для увеличения объемов салонов и багажных отделений. Следует отметить, что единая методика определения объема багажного отделения отсутствует

Известно, что дорожные испытания в большей мере приближены к реальным условиям эксплуатации, их результаты отражают реальное поведение шин на дороге, соответствующей данному участку. Следует отметить, что точность измерений в дорожных испытаниях обычно несколько ниже, чем в лабораторных. Поэтому в процессе исследований характеристик шин проводят как дорожные, так и лабораторные испытания. Для дорожных испытаний может быть использован шинный тестер и тензометрическая платформа.

Для автомобилей с продольным последовательным расположением силового агрегата возможности создания безопасных зон ограничены и могут быть реализованы при увеличении длины подкапотного пространства, они обладают наиболее благоприятными условиями для обеспечения безопасных деформируемых зон при малых размерах подкапотной части.

Для определения реакций, возникающих от дороги на колесо, на все двенадцать балочек равного сопротивления наклеиваются тензометрические датчики, соединяемые в измерительные мосты. Градуировка тензометрических балочек проводится перед установкой на плиту. Затем в

процессе испытаний выполняются контрольные градуировки с помощью образцовых динамометров и грузов.

Пассажировместимость легкового автомобиля оценивается максимальным числом одновременно перевозимых пассажиров с обеспечением необходимой комфортабельности и определяется размерами салона и расчетной прочностью автомобиля. Пассажировместимость на отдельных сидениях, включая переднее, зависит от ширины салона в зоне их расположения. Пассажировместимость заднего сиденья связана с расположением его по длине базы относительно колесных ниш задней оси. На автомобилях с приводом на передние колеса ввиду отсутствия заднего вежущего моста задние колеса можно сместить в зону багажного отделения, что позволяет разместить заднее сиденье перед багажниками в широкой части кузова, а значит увеличить пассажировместимость и комфортабельность салона. Однако база автомобилей при этом получается несколько больше, чем у автомобилей других компоновочных схем.

Компактность и комфортабельность – важные свойства автомобиля – находятся в обратной зависимости между собой, что вызывает необходимость рассматривать их во взаимосвязи. Автомобили с минимальными размерами обычно не обеспечивают необходимой комфортабельности, поэтому приходится увеличивать размеры салона и, соответственно автомобиля.

В процессе испытаний отдельной шины или шин, установленных на автомобиле, тензометрическая платформа погружается в дорожное полотно таким образом, чтобы поверхность плиты совпадала с поверхностью дороги, а зазоры между стенками углубления и сварной рамой отсутствовали. При такой установке исключается удар колес.

Из массивной и жесткой сварной рамы, где на шариках установлена площадка, зафиксированная в боковом направлении четырьмя консольными тензометрическими балочками равного сопротивления и имеющая свободный ход в продольном направлении. Для исключения трения между

балочками и площадкой при продольном перемещении на концы балочек надеты шариковые подшипники.

Статистические исследования загрузки легковых автомобилей в городских условиях эксплуатации показали, что 75% времени эти автомобили эксплуатируются с одним водителем, 12% - с водителем и одним пассажиром и 13% - с водителем и несколькими пассажирами. Кроме того, в городских условиях в среднем на один легковой автомобиль приходится 1,2– 1,5 пассажира, и на такси – 1,75-1,8 пассажира. При загородных поездках легковые автомобили индивидуальных владельцев эксплуатируются с нагрузкой, близкой к номинальной, а иногда и с перегрузкой. При использовании специализированных автомобилей-фургонов особо малой, малой и средней грузоподъемности на внутригородских перевозках (торговая сеть, бытовое обслуживание и др.) нагрузка в течение примерно 50% общего пробега составляет 10-20% принятой номинальной нагрузки, в течение 30% пробега – 30-50% и в течение 5-15% пробега автомобиль работает с полной нагрузкой. Во всех нагрузочных режимах распределение нагрузки по осям изменяется.[19]

Известно, что дорожные испытания в большей мере приближены к реальным условиям эксплуатации, их результаты отражают реальное поведение шин на дороге, соответствующей данному участку. Следует отметить, что точность измерений в дорожных испытаниях обычно несколько ниже, чем в лабораторных. Поэтому в процессе исследований характеристик шин проводят как дорожные, так и лабораторные испытания. Для дорожных испытаний может быть использован шинный тестер и тензометрическая платформа.



## **1 Основание и развитие проекта**

### **1.1 Анализ аналогов разрабатываемого стенда**

«После ухода большинства иностранных автопроизводителей перед отечественными отраслями в области наземного транспорта, стоит важная задача по насыщению рынка не только недорогими и качественными автомобилями, но и оборудованием по их диагностике и ремонту. Прежде всего, необходимо заменить импортные технологии отечественными без снижения их эффективности, что потребует определенного времени. В этом случае одно из решений состоит в наращивании объемов производства более простого конструктивно оборудования по диагностике и ремонту узлов и деталей автомобиля.

Из сказанного следует, что в ходе выполнения работы необходимо достигнуть цели, которая заключается в конструкторской разработке стенда для промывки форсунок, при условии обеспечения минимальной стоимости изготовления. В соответствии с темой ВКР и поставленными целями, был проведен поиск аналогов стенда. » [6]

### **1.2 Анализ реаниматоров форсунок**

Схематично реаниматор форсунок представлен на рисунке 1.

«В современных СТО существует несколько методов очистки форсунок. Рассмотрим основные методы очистки форсунок, применяемые в автосервисах. Стоит отметить, что очистка форсунок может производиться без снятия или со снятием форсунок с двигателя.» [2]

При очистке форсунок без снятия с двигателя, необходимо отключить топливный бак и бензонасос от двигателя. Далее, в систему впрыска топлива «необходимо подать специальную жидкость и дать двигателю поработать некоторое время.

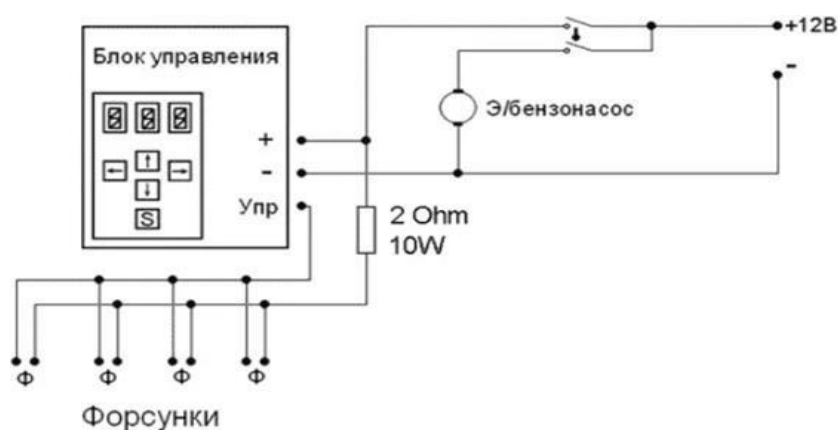


Рисунок 1 –Схема работы стенда

Метод очистки форсунок без снятия двигателя имеет существенный недостаток: концентрация чистящих добавок смеси высока и бывает, что после такой очистки, работа двигателя резко ухудшается, поскольку чистящая форсунки жидкость может смыть отложения смол на впускных клапанах, в результате нарушается герметичность цилиндров. Еще один недостаток данного метода, что у работника, осуществляющего ремонтные работы, нет возможности отследить пропускную способность форсунок.

Существует также метод очистки форсунок со снятием двигателя, он является не только наиболее распространенным, но и наиболее оптимальным. Используя данный метод, у слесаря появляется возможность выполнить следующие действия: контролировать пропускную способность форсунок на различных режимах; визуально контролировать состояние уплотнительных резинок и фильтров; выявлять коррозию форсунок.

При использовании такого метода существует множество различных стендов, очистка, как правило, производится с помощью ультразвука. Время на проведение очистки минимальное – от 15 до 30 минут.

Рассмотрим реаниматор форсунок «Injector Reanimator v 2.0». Стенд для проверки и очистки форсунок представлен на рисунке 2.

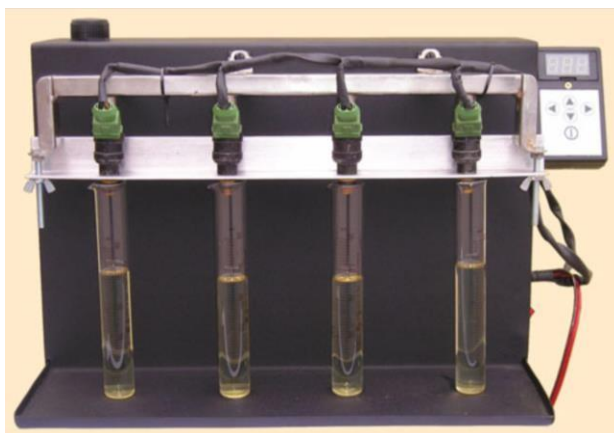


Рисунок 2 – Стенд для проверки и очистки форсунок

Установка ультразвуковой очистки форсунок с использованием рассматриваемого устройства представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Ультразвуковая очистка форсунок

Работа стенда «Injector Reanimator v 2.0» основана на применении двух процессов - кавитационном и химическом. »[6]

«Технические характеристики «Injector Reanimator v 2.0» в режиме «проверка»:

- количество импульсов открытия форсунок - 10-2500;
- время открытия форсунок - 1-9.9 мс;

– временной интервал между импульсами -0.1-1сек» [5].

«В режиме «очистка», программное обеспечение «Injector Reanimator v 2.0» автоматически определяет резонансную частоту форсунки, расположенной в чистящем растворе. В таком положении начинается прокачка чистящей жидкости (достаточно 20-30 секунд), при этом в самой форсунке наблюдается эффект «кавитации». Благодаря тому, что происходит эффект «кавитации», начинается процесс рамягчения загрязнений на поверхностях клапана форсунки, а благодаря интенсивному взаимодействию химического очистителя, происходит очистка загрязнений внутри форсунки.

Стоит отметить, что в режиме «проверка», «Injector Reanimator v 2.0» может тестировать все форсунки, а в режиме «очистка» «Injector Reanimator v 2.0» может работать только с одной форсункой.

Еще один недостаток данного устройства заключается в том, что «Injector Reanimator v 2.0»[9] «был разработан в 2000 г. в первую очередь для очистки форсунок производства BOSCH Очистка форсунок других производителей возможна, однако для этого целесообразно создать дополнительное разрежение со стороны» [5].

«Далее рассмотрим стенд для очистки форсунок «Триумф б». Работа стенда «Триумф б» основана на гидродинамической кавитации (рисунок 4).

«Триумф б», в отличие от стенда «Injector Reanimator v 2.0» может производить очистку и диагностику одновременно нескольких форсунок – одновременно до шести.

«Триумф б» имеет несколько режимов очистки форсунок: автоматический, турбо-режим и ручной. »[12]



Рисунок 4 – Стенд для очистки форсунок «Триумф 6»

Кроме того, к преимуществу стенда «Триумф 6» можно отнести следующие возможности: «очистка клапана и регулятора холостого хода, очистка форсунок с продольной и боковой подачей топлива, очистка мульти/моно впрыска» [5].

«Диагностику и очистку форсунок на данном стенде можно производить двумя способами, описанных выше: со снятием двигателя, и без снятия двигателя.

Технические характеристики стенда «Триумф 6» представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Технические характеристики стенда «Триумф 6»

Характеристика	Единица измерения	Значение
Количество проверяемых форсунок	Шт.	6
Сопротивление	Ом	2-25
Время очистки	Мин.	Максимальное -30
Напряжение сети	В/Гц	220/50
Емкость общего бачка	Мл.	754
Расход очищающей жидкости	Мл.	120-180
Вес	Кг.	10
Габариты (Ш/В/Г)	Мм.	370x295x333

Таким образом, стенд для очистки форсунок «Триумф 6», по характеристикам значительно превосходит аналог стенда «Injector Reanimator v 2.0». Однако, рассмотрим еще один стенд для очистки форсунок «Плазма 600 М». Стенд представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Стенд для очистки форсунок «Плазма 600 М»

Стенд «Плазма 600 М» имеет возможность тестировать и производить очистку, как одной, так и шести одновременно форсунок всех типов.

«Плазма 600 М» имеет возможность в автоматическом режиме измерять сопротивление форсунок и проводить их тестирование. Вся информация выводится на экран. При этом имеется возможность создания базы данных рабочих параметров проверяемых форсунок.

При очистке форсунок на данном стенде применяются как ультразвуковые, так и химические методы очистки. С помощью химической очистки можно производить очистку без демонтажа форсунок с двигателяТС.

Технические характеристики стенда «Плазма 600 М» представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Технические характеристики стенда»[6] «Плазма 600 М»

Характеристика	Единица измерения	Значение
Количество проверяемых форсунок	Шт.	1-6
Напряжение сети	В/Гц	230/50
Потребляемая мощность	Вт	800
Время очистки	Мин.	15-35
Расход очищающей жидкости	Мл.	3200
Мощность УЗ ванны	Вт	150
Частота УЗ излучателя	кГц	35
Тестовое давление	Бар	0-12
Диапазон/шаг частоты	Об/мин.	10-10000/10
Габариты (Ш/В/Г)	Мм.	590x540x580

«Отличительные особенности стенда «Плазма 600 М» от аналогичного оборудования, представленного на рынке диагностики и промывки инжектора:

- измерение сопротивления форсунок и диагностика на КЗ с выводом данных на экран;

- диагностика и обслуживание форсунок непосредственного впрыска (GDI, FSI, NEODI, DISI, D4 и др.), (форсунок высокооборотистых мотоциклетных двигателей) помимо обычных форсунок (BOSCH, SIEMENS, NIPON DENSO, WEBER, DELPHI и др.), для этого в

электронную схему прибора были внесены изменения, позволяющие корректно управлять частотой открытия форсунок высокого давления;

- мощный промышленный насос, установленный в этом приборе, способен создавать номинальное давление до 12 bar. Только насос с таким потенциалом мощности позволяет получить правильную картину

факела распыла форсунок высокого давления и тестировать мотоциклетные форсунки»[4].

«Камера распыла, специально спроектированная для комплексов ПЛАЗМА серии М позволяет наблюдать полную геометрию факела распыла форсунок высокого давления от точки его образования до его визуальной границы. Специфика факела распыла форсунок высокого давления такова,

что в зоне образования факела (1-2 мм. от сопла форсунки) создается пленочная структура топлива, позволяющая улучшить его гомогенность за счет уменьшения размера капель» [17].

«Эффект пленочной структуры топлива можно получить, только применяя в качестве тестовой жидкости специально для этого разработанный состав. Новая функция отключения форсунок, установленная на приборы ПЛАЗМА серии М, предназначена для того, чтобы избежать помех, создаваемых перекрытием факелов распыла соседними форсунками в момент анализа. Прибор оснащен специальным кабелем подключения форсунок, позволяющим пропускать ток большой силы. Только на приборах ПЛАЗМА серии М возможно проведение теста на проверку герметичности форсунок по уникальной технологии ЗАО «Экологджик»» [12].

Вывод по разделу:

«Установлен дополнительный дренажный насос для теста на проверку герметичности и снятия остаточного давления из системы по окончании тестов. Быстросъемная прижимная гайка, установленная на приборе, позволяет существенно сократить время (до 30%) на монтаж и демонтаж топливной рампы при прохождении различных тестов»[32].



## 2 Тяговый расчет автомобиля

### 2.1 Общие положения

Для обеспечения разгона с максимальным ускорением без буксования ведущих колес на «автомобилях с приводом на передние колеса особого малого, малого и среднего классов»[1] статическое распределение нагрузки по осям должно быть в пределах  $b/L = 0,52 \div 0,54$ . Оптимальное распределение нагрузки по осям применительно к режиму разгона для конкретного автомобиля определяется решением уравнения (1). Используя аналогичную методику применительно к режиму разгона автомобилей классической компоновки, можно получить статическое распределение нагрузки по осям, обеспечивающее разгон с максимальным ускорением без буксования задних ведущих колес. Для таких автомобилей в таблице 3 приведены некоторые значения  $b/L$ .

Таблица 3 – Соотношение базовых размеров автомобилей

Параметр	Значения ускорений			
$j_{amax}$	2,5	2,5	2	2
$\delta_u$	1,5	1,3	1,5	1,3
$b/L$	0,65	0,66	0,685	0,73

Компактность автомобилей в нашей стране оценивается с помощью коэффициентов (измерителей) компактности  $\eta_{cn} = L_a B_d / n$  использования длины  $\eta_{LC} = L_c / L_a$ . Эти же коэффициенты можно применять при сопоставлении автомобилей одной компоновочной схемы (близких по размерам). Измеритель характеризует удельную общую площадь, приходящуюся на одного пассажира, но он отражает полезной площади автомобиля, обуславливающей его комфортабельность и компактность. Так при одинаковых удельных площадях салона у двух автомобилей длина больше, а багажное отделение меньше у первого. Измеритель является удельным показателем длины салона (по отношению к общей длине автомобиля). Такой измеритель, хотя и является важным для оценки комфортабельности и компактности, однако недостаточно полно отражает использование общей длины и особенно

компактности автомобиля. Измеритель не учитывает размеров багажного отделения и других размеров, важных для оценки автомобилей различных компоновочных схем. Например, у автомобиля коэффициент  $\eta_{LC} = 0,438$ , а у другого  $\eta_{LC} = 0,47$ . При использовании этого измерителя следовало бы отдать предпочтение второму автомобилю. Однако объем багажного отделения, не учитываемый этим измерителем, у первого автомобиля составляет  $0,28 \text{ м}^3$ , а у второго –  $0,106 \text{ м}^3$ . Для сопоставления легковых автомобилей различных компоновочных схем, а тем более разных размеров, следует использовать большее число измерителей. Наиболее простым и доступным измерителем комфортабельности салона является коэффициент  $\eta_{II} = F_c/n$  ( $F_c$  - площадь салона в горизонтальной плоскости;  $n$  - число пассажиров). Однако этот коэффициент не учитывает удобство размещения сидений и приборов управления, соотношений между отдельными частями автомобиля и его габаритных размеров.

На рисунке 6 представлена «схема сил, действующих на автомобиль».

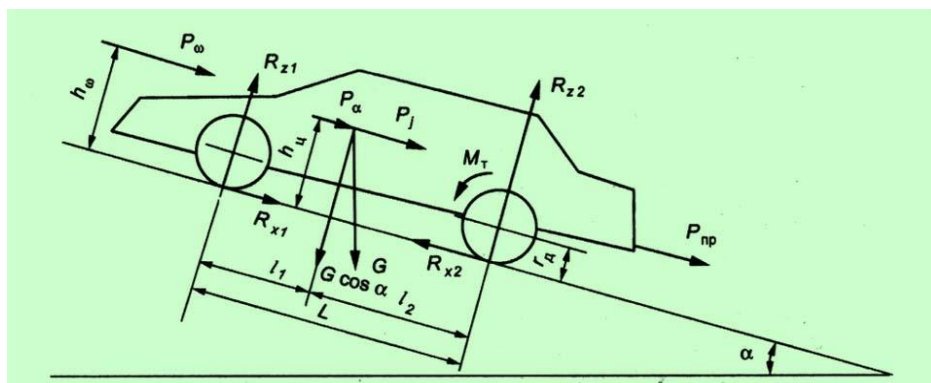


Рисунок 6 – Схема действия сил при прямолинейном движении

Сила сопротивления качению  $P_f$ ; и сила сопротивления воздуха  $P_w$ , всегда действуют на автомобиль при его движении, а силы сопротивления подъему  $P_i$  и сила инерции  $P_j$  автомобиля могут отсутствовать (равномерное движение автомобиля по горизонтальной дороге) или изменять свой знак на обратный (движение под гору, замедленное движение.) [1] Для оценки

комфортабельности автомобиля при испытании широко используются измерительные карты с различным числом измерений. В настоящее время в нашей стране и за рубежом широко распространена карта с двадцатью измерениями. Также результаты измерения некоторых легковых автомобилей с приводом на передние колеса могут быть представлены по карте с шестью измерениями.

## 2.2 Масса автомобиля

«Масса сухого автомобиля  $m_c$  - масса автомобиля без снаряжения, т.е. без инструмента, запасного колеса, дополнительного оборудования (например, радиоприемника, кондиционера и др.) и заправки (топлива. Жидкого смазочного материала и воды). Сухая масса автомобиля включает массу жидкости в амортизаторах, смазочного материала в агрегатах и шарнирах, а также электролита в аккумуляторной батарее. [37]

Масса снаряженного автомобиля  $m_0$  - масса автомобиля с заправкой и снаряжением, но без водителя и пассажиров.»[26]

«Полная масса  $m_a$  - суммарная масса снаряженного автомобиля, полезной нагрузки ( $m_r$ ), снаряжения, водителя и пассажиров.

Масса автомобильного поезда ( $m_{a.n}$ ) – суммарная полная масса тягача,»[9] «и прицепа (полуприцепа). Полную массу легкового автомобиля можно найти по формуле:

$$m_a \cdot = m_0 + m_q \cdot n + m_b \quad (1)$$

где  $m_q$  - масса водителя или пассажира.

При расчетах принимают  $m_q = 75$  кг;  $n$  – число мест для сидения пассажиров;  $m_b$  - масса багажа.» [1]

В «число мест для сидения в легковых автомобилях включается место водителя. Массу багажа водителя и пассажира,»[8] легковых автомобилей принимают равной 10 кг на одного человека.

Масса автомобиля в значительной степени определяет стоимость его изготовления и экономические затраты при эксплуатации. При увеличении

массы снаряженного автомобиля и неизменной полной массе уменьшается масса груза, возрастают металлоемкость и стоимость перевозок. Однако снижение массы снаряженного автомобиля не должно отражаться на его прочности, надежности и других свойствах. Масса автомобиля непосредственно зависит от размеров автомобиля.

В качестве измерителя для сравнительной оценки масс автомобилей обычно используют коэффициенты: массы снаряженного автомобиля (коэффициент тары)  $\eta_{qm}=m_c/m_q$  и удельной массы снаряженного автомобиля, приходящейся на одного пассажира  $\eta_{nm}=m_c/n$ .

Для сравнительной оценки масс легковых автомобилей можно использовать оба измерителя, а грузовых – только  $\eta_{qm}$ .

Однако оба измерителя не связаны с общими размерами автомобиля, его комфортабельностью и компактностью, поэтому не позволяют провести глубокий анализ различных автомобилей по комплексному параметру использования массы и геометрических параметров. Так, на грузовом автомобиле груз с низким удельным объемом может занимать малый объем (следовательно низкий коэффициент  $\eta_{qm}$ ). При перевозке грузов с большим удельным объемом номинальная нагрузка по вместимости не будет обеспечена и коэффициент  $\eta_{qm}$  нельзя использовать для анализа.

«При исследовании использования массы автомобилей различных компоновочных схем приняты дополнительные измерители. Измеритель  $\eta_{nm}$  пересчитан на измеритель  $\eta_{qm}$  с учетом массы одного пассажира (70 кг) и массы багажа, приходящейся на одного пассажира (10 кг). Для удобства комплексной оценки использования массы снаряженного автомобиля коэффициент  $\eta_{qm}$  был заменен коэффициентом  $\eta_q$ . При этом» [1]  $\eta_{qm} = m_c / m_{cn}$ .

После преобразований получены следующие комплексные измерители: коэффициенты использования объема и снаряженной массы, для грузовых автомобилей и фургонов  $\eta_{nm} = \eta_{vm} \eta_{qm}$ .

В качестве частных измерителей могут использоваться другие функциональные зависимости, например  $m_{cn}=f(V_a)$ .

### 2.3 Анализ поступательного движения автомобиля

Современные легковые автомобили при разгоне с места достигают максимальной скорости на пути 1 – 1,2 км и последние 800 м практически проходят с максимальной скоростью. По этой же причине теряет смысл скоростная характеристика (разгон-выбег). В дальнейшем сопоставительном анализе три эти измерителя не рассматриваются. Другие измерители имеют прямую связь с компоновочной схемой автомобиля и рассматриваются ниже.

Движение автомобиля «обеспечивается силой тяги, подведенной от двигателя к ведущим колесам: »[8]

$$P_K = P_f \pm P_n \pm P_B \pm P_U \quad (2)$$

где  $P_f$ ,  $P_n$ ,  $P_B$ , и  $P_U$  – силы сопротивления соответственно качению, подъему, воздуху и инерции.

Для обеспечения движения должно выполняться условие по сцеплению ведущих колес.

Динамический радиус колеса  $r_d$  не зависит от компоновочной схемы. Суммарные передаточные числа  $u_{TP}$  трансмиссии, как показали исследования автора, также не зависят от компоновочной схемы автомобиля, за исключением высшей или предшествующей передач двухвальных коробок передач, устанавливаемых на автомобилях с приводом на передние колеса.

На автомобилях с приводом на передние колеса и поперечным расположением двигателя главная передача цилиндрическая, а на автомобилях классической компоновки – гипоидная с более низким КПД, поэтому суммарный КПД  $\eta_{TP}$  трансмиссии первых автомобилей на 1-2% выше, чем вторых.

Основным входным параметром большинства измерителей «тягово-скоростных свойств автомобиля является»[42] крутящий момент  $M_k$  при соответствующей частоте (или угловой скорости  $\omega_e$ ) вращения коленчатого вала, определяемый по внешней или частичным характеристикам автомобиля, а выходными – параметры, характеризующие тягово-скоростные

свойства автомобиля. Взаимосвязь входных и выходных параметров должна быть не только количественной, но и функциональной, вследствие чего и форма внешней скоростной характеристики двигателя не должна быть стабильной для большинства автомобилей, а должна соответствовать назначению отдельных групп автомобилей. Поэтому в настоящее время многие исследователи при рассмотрении тягово-скоростных свойств автомобилей и их расчете обращаются к выражению характеристики двигателя через момент  $M_e$ . Для этого используется формула, выражающая функцию тягово-скоростных свойств автомобиля  $M_e$  от  $\omega_e$  через квадратичный трехчлен:

$$M_e = a_m \cdot \omega_e^2 + b_M \cdot \omega_e + c_M \quad (3)$$

При необходимости мощностная характеристика двигателя может быть определена через момент  $M_e$  и угловую скорость  $\omega_e$ :

$$N_e = M_e \cdot \omega_e \quad (4)$$

У такой характеристики соотношение  $\omega_{eN} / \omega_{eM} = 2$ . Однако анализ карбюраторных двигателей легковых автомобилей показал, что такое соотношение имеет место на 7 – 10% двигателей. Среднее значение  $\omega_{eN} / \omega_{eM} = 1,67$ .

Использовать формулу (4) трудно из-за выбора динамических коэффициентов  $a_m$ ,  $b_M$ ,  $+c_M$ , обеспечивающих соответствующие выходные характеристики одного проектируемого автомобиля или группы автомобилей, так как значения этих коэффициентов колеблются в широких пределах.

Для предварительного выбора таких коэффициентов удобно использовать автомобили-аналоги, находящиеся в эксплуатации и наиболее полно отвечающие требованиям, предъявляемым к проектируемому автомобилю. В технических характеристиках автомобилей обычно указываются две исходные точки внешней скоростной характеристики

двигателя с координатами  $N_N$ ,  $\omega_N$  и  $M_M$ ,  $\omega_M$ , используя которые, можно с достаточной степенью точности воспроизвести полные зависимости  $N_e = f(\omega_e)$ ;  $M_e = f(\omega_e)$ .

Уравнение второй степени (24) в системе координат  $\omega_e$ ,  $M_e$  представляет собой симметричную параболу с вершиной в точке А, имеющей координаты  $\omega_M$ ,  $M_M$ , вторая точка В этой параболы имеет координаты  $\omega_N$ ,  $M_N$ . При этом если характеристика асимметричная, ее следует рассматривать как симметричную относительно правой рабочей ветви, а при построении левой ветви – вносить коррективы.

Все силовые факторы, действующие на автомобиль-тягач, можно разделить на три группы: движущие; сопротивления движению; нормальные к направлению движения.

«К первой группе относится окружная сила на ведущих колесах  $F_K$ .

Вторую группу составляют  $M_{f1}$ ,  $M_{f2}$  – моменты сопротивления качению колес автомобиля;  $F_K$  – сила сопротивления воздуха;  $F_i$  – продольная составляющая силы тяжести автомобиля;  $F_{jx}$  – сила сопротивления поступательному ускорению масс автомобиля;  $F_{nx}$  – продольная составляющая силы сопротивления прицепа. У одиночного автомобиля сила сопротивления прицепа отсутствует.

К третьей группе относятся:  $R_{z1}$ ,  $R_{z2}$  – нормальные реакции дороги;  $G_a \cdot \cos \alpha$  – нормальная составляющая веса автомобиля;  $F_{nz}$  – нормальная составляющая силы сопротивления прицепа (крюковая нагрузка). Силы, входящие в эту группу, направлены перпендикулярно к вектору скорости автомобиля. Поэтому их влияние не непосредственное, а косвенное.

Окружная сила на ведущих колесах возникает в результате того, что к ведущим колесам подводится через трансмиссию крутящий момент от двигателя, установленного на автомобиле.

В настоящее время на автомобилях в основном применяют двигатели внутреннего сгорания. Их мощностные свойства принято оценивать

скоростными характеристиками, представляющими зависимость эффективной мощности или крутящего момента на коленчатом валу при установившемся режиме работы от частоты вращения двигателя. Скоростная характеристика, полученная при полной подаче топлива, называется внешней скоростной характеристикой, а полученные при неполной подаче топлива – *частичными*. Скоростные характеристики определяют на специальных стендах. При этом обычно непосредственно находят зависимости эффективного момента двигателя от частоты его вращения, а мощность определяют расчетом.»[4]

## 2.4 Сила сопротивления подъему

Сила сопротивления подъему  $P_{\Pi}$  возникает при движении автомобиля на подъем, а при движении на спуске ее значение становится отрицательным. Сила сопротивления подъему

$$P_{\Pi} = G_a \cdot \sin \alpha_{\Pi} \quad (5)$$

Крутизна дороги характеризуется углом  $\alpha_{\Pi}$  подъема или величиной уклона  $i$ , выражаемой через отношение вертикальной проекции участка дороги к горизонтальной, т.е.

$$i = \operatorname{tg} \alpha_{\Pi} \quad (6)$$

На дорогах с твердым покрытием угол уклона подъема обычно не превышает  $5-7^{\circ}$ , что позволяет приближенно принимать  $\sin \alpha_{\Pi} \approx \operatorname{tg} \alpha_{\Pi}$ . Таким образом, силы сопротивления подъему и качению зависят от состояния дороги. Обычно эти две составляющие рассматриваются совместно, т.е. суммарная сила сопротивления дороги:

$$P_{\psi} = G_a (f_0 \cos \alpha_{\Pi} + \sin \alpha_{\Pi}) \quad (7)$$

Под действием силы  $P_{\Pi}$  происходит перераспределение нормальных реакций по осям. Реакция на передних колесах уменьшается, а следовательно, снижаются сила тяги и сцепление колес с поверхностью дороги автомобилей с приводом на передние колеса.



Сила сопротивления воздуха, возникающая при движении автомобиля,

$$P_B = 0,5 \cdot c_x \cdot \rho \cdot F_{\text{Л}} \cdot V^2, \quad (8)$$

где  $c_x$  – безразмерный коэффициент лобового сопротивления воздуха;

$\rho$  – плотность воздуха;

$F_{\text{Л}}$  – площадь лобового (миделева) сечения, определяемая по фронтальной проекции автомобиля на плоскость.

Площадь лобового сечения автомобиля находится приблизительно: для грузовых  $F_{\text{Л}} = B \cdot H_a$  и для легковых  $F_{\text{Л}} = 0,78 \cdot B_a \cdot H_a$ .

По данным исследований, с изменением угла атаки в пределах  $\pm 2^\circ$  сила сопротивления воздуха меняется в пределах  $+9 \div -7\%$ , значительно меняется и подъемная сила. При увеличении угла атаки обе силы возрастают. «Удовлетворительным считается увеличение сопротивления воздуха до 5 % при росте угла обдува на  $10^\circ$ , а неудовлетворительным – примерно на 20%.

С увеличением нагрузки на передние колеса уменьшаются угол атаки и сила сопротивления воздуха. » [22] В связи с этим «автомобили с приводом на передние колеса имеют меньшее сопротивление воздуха, чем автомобили классической компоновки. Кроме того, благодаря поперечному расположению двигателя» [11] у этих автомобилей проще получить форму кузова с меньшими значениями  $c_x$ . Обтекающие кузов автомобиля потоки воздуха представлены на рисунках 7 и 8.

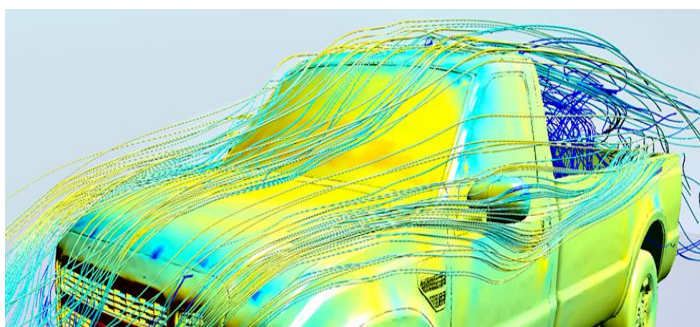


Рисунок 7 – Направление потоков воздуха

«Для современных легковых автомобилей нормального типа коэффициент сопротивления воздуха  $K$  колеблется примерно от 0,025 до

0,04, а для грузовых автомобилей – от 0,05 до 0,07  $кг \cdot сек^2/м^4$ . Фактор же сопротивления воздуха  $W$  для легковых автомобилей может быть принят в среднем равным 0,05 – 0,1, а для грузовых – 0,15-0,3  $кг \cdot сек^2/м^4$ .

Сила сопротивления воздуха, представляющая собой равнодействующую элементарных сил, действующих на отдельные элементы поверхности автомобиля, приложена к последнему на определенной высоте от опорной плоскости. Точка приложения этой силы часто называется центром парусности.» [39]



Рисунок 8 – Обтекание кузова потоками воздуха

«Поэтому для максимального уменьшения сопротивления воздуха целесообразно перекрывать всю переднюю часть автомобиля кожухом так, чтобы зазор между ним и землей был минимальным. Все выступающие части, как, например, колеса и крылья, создают дополнительное сопротивление и вызывают значительное завихривание воздуха; поэтому целесообразно и их также перекрывать одним общим кожухом. При этом определяется специальная наивыгоднейшая в смысле «автомобильная» форма, которая с нижней стороны должна быть ограничена плоскостью, возможно близко подходящей к земле.» [4]

## 2.5 Сила инерции автомобиля

Сила инерции автомобиля складывается из трех составляющих сил инерции:  $P_{ИМ}$  массы автомобиля,  $P_{ИК}$  вращения колес и  $P_{ИД}$  частей двигателя.

При этом

$$P_{j0} = M \frac{d\omega}{dt} = \frac{G}{g} \frac{d\omega}{dt} \quad (9)$$

Суммарный момент инерции колес автомобиля, определяется из выражения  $2J_{R1} \frac{d\omega_K}{dt}$ , где  $J_{K1}$  – момент инерции колеса относительно его оси,  $\frac{d\omega_K}{dt}$ , - угловое ускорение колеса.

«Окружная сила, необходимая для создания этого момента, равна  $2 \frac{1}{r_K} J_{R1} \frac{d\omega_K}{dt}$ , где  $r_K$  - радиус качения колес.

Угловое ускорение колеса  $\frac{d\omega_K}{dt}$  может быть выражено через линейное ускорение автомобиля  $\frac{dv}{dt}$ . Принимая радиус качения  $r_K$  примерно постоянным, получаем:  $v = r_K \cdot \omega_K$ ;  $\frac{dv}{dt} = r_K \cdot \frac{d\omega_K}{dt}$ .

В результате сила  $P_j$ , инерции автомобиля определится из выражения (без учета влияния вращающихся деталей двигателя и трансмиссии автомобиля)

$$P_j = \left( \frac{G}{g} + 2 \frac{1}{r_K^2} \cdot J_{K1} \right) \frac{dv}{dt} \quad (10)$$

Результаты определения сил, действующих в трансмиссии, представлены в виде таблиц и графиков.» [2]

«Сила инерции вызывает перераспределение нормальных реакций по осям. При разгоне на передних колесах они уменьшаются,» [6] а следовательно понижается сила тяги по сцеплению.

«Исходные данные для проведения тягово-динамического расчета заднеприводного легкового автомобиля «Formula Student» сведен в таблицу 4. Расчет производился в соответствии с методикой, описанной в источнике [3]

Таблица 4 - Исходные данные для проведения тягово-динамического расчета

Параметр	Значение
Колесная формула	4x2
Количество мест	1
Снаряженная масса $m_0$ , кг	225
Максимальная скорость $V_{max}$ , км/ч»[6] (м/с)	268(74,42)
«Угловая скорость коленчатого вала $\omega_e^{max}$ , рад/с (об/мин)	837,76 (8000)
Максимальная мощность двигателя $N_e^{max}$ , кВт	43
Максимальный крутящий момент двигателя $M_e^{max}$ , Н·м	52,2
Тип и размерность колеса	200/75R13
Коэффициент аэродинамического сопротивления $C_x$	0,32
Величина максимального преодолеваемого уклона $i$	0,34
КПД трансмиссии $\eta_{тр}$	0,85
Габаритная ширина автомобиля $B$ , мм	1456
Габаритная высота автомобиля $H$ , мм	1140
Коэффициент сопротивления качению $f_0$	0,045
Передаточные числа:	
– первой передачи коробки передач $U_1$	2,5»[1]
– второй передачи коробки передач $U_2$	1,75
– третьей передачи коробки передач $U_3$	1,33
– четвертой передачи коробки передач $U_4$	1,095
– пятой передачи коробки передач $U_5$	0,956
шестой передачи коробки передач $U_6$	0,869
главной передачи $U_0$	3,46»[7]

## 2.6 Подготовка исходных данных для тягового расчета

Полная масса автомобиля:

$$m_a = m_0 + m_ч \cdot n + m_б \cdot n, \quad (11)$$

где:  $m_0$  – снаряженная масса автомобиля, кг;

« $m_ч = 75$  кг – масса одного человека;

$n$  – число пассажиров;

$m_б$  – вес багажа.

$$m_a = 225 + 75 \cdot 1 = 300 \text{ кг}$$

Полный вес автомобиля:

$$G_a = m_a \cdot g, \quad (12)$$

где:  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

$$G_a = 300 \cdot 9,81 = 2943 \text{ Н}$$

«Автомобиль имеет заднеприводную компоновку (задние колеса ведущие), принимаем распределение веса по осям в соотношении: 46% на передние колеса и 54% - на задние. »[36]

«Вес, приходящийся на ведущие колеса: »[23]

$$G_1 = 0,50 \cdot G_a = 0,46 \cdot 2943 = 1471,5\text{Н};$$

Вес, приходящийся на ведомые колеса:

$$G_2 = 0,50 \cdot G_a = 0,54 \cdot 2943 = 1471,5\text{Н}$$

Параметры обтекаемости автомобиля

Коэффициент обтекаемости

$$k = \frac{c_x \cdot \rho}{2}, \quad (13)$$

«где:  $\rho = 1,293$  – плотность воздуха в нормальных условиях, »[3] кг/м<sup>3</sup>.

$$K = \frac{0,32 \cdot 1,293}{2} = 0,206$$

«Лобовая площадь автомобиля

$$F = 0,8 \cdot B \cdot H, \quad (14)$$

где:  $B$  – габаритная ширина автомобиля, м;

$H$  – габаритная высота автомобиля, м.

$$F = 0,8 \cdot 1,46 \cdot 1,14 = 1,332 \text{ м}^2$$

Согласно выбранной ширине 200/75R13, радиус качения данной шины рассчитывается по формуле: [15]

$$r_k = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H, \quad (15)$$

где:  $d$  – посадочный диаметр шины, дюйм;

$\lambda_z = 0,85$  – коэффициент вертикальной деформации;

$H$  – высота профиля шины. »[4]

У снаряженных автомобилей классической компоновки распределение нагрузки между передней и задней осями  $M_1/M_A=0,53 \div 0,56$ , а при полной нагрузке  $M_1/M_A=0,50 \div 0,52$ . В дальнейшем примем для этих автомобилей  $M_1/M_A=0,5$ .

На автомобилях с приводом на передние колеса сначала принималось распределение нагрузки по осям  $M_I/M_A=0,48\div 0,6$ . Так, автомобиль Рено-4 имел распределение нагрузки  $M_I/M_A=0,49$ , а Рено-16 выпускался с  $M_I/M_A=0,51$ . Проводятся экспериментальные и теоретические исследования, направленные на обоснование выбора оптимального распределения нагрузки по осям автомобилей с приводом на передние колеса, в которых рассматриваются экстремальные случаи движения автомобиля:

- разгон без буксования ведущих колес при максимальном ускорении на горизонтальном участке дороги с сухим асфальтированным или цементным покрытием;

- установившееся, с максимальным подъемом без буксования ведущих колес по сухому асфальтированному или цементированному покрытию;

- установившееся, с максимальным подъемом без буксования ведущих колес по сухому плотному травяному грунту.

Результаты показали, что при «выборе оптимального распределения нагрузки по осям для автомобиля с приводом на передние колеса следует стремиться к достижению тягово-скоростных свойств таких же, как у автомобилей классической компоновки.

Для определения оптимального распределения нагрузки» [9] по осям для автомобиля с приводом на передние колеса принимаем равенство сил тяги, определяемых по моменту двигателя и по сцеплению ведущих колес с дорогой, для трех рассматриваемых случаев. Сила тяг по моменту может быть определена из уравнений (2) и (4) или по максимальному динамическому фактору для современных автомобилей  $D=0,25\div 0,35$ . Сила тяги по сцеплению определяется по формулам (3) и (9).

Для режима разгона с максимальным ускорением в уравнении (10) принимаем  $P_f=0$ ,  $P_w=0$ . Тогда после совместного решения уравнений, получим:

$$P_p = P_f + P_w + P_i + P_j \quad (16)$$

$$f + \delta_{II} \cdot f_{umax}/g = (\varphi + f) \cdot (b - \delta_{II} \cdot h_{д} \cdot j_{umax}/g)/L \quad (17)$$

Левая часть равенства характеризует динамический фактор, а правая – условия сцепления ведущих колес с поверхностью дороги. Принимая для случая разгона на хороших дорогах  $\varphi > f$ , после некоторых преобразований получим<sup>^</sup>

$$b/L = \delta_{II} \cdot j_{umax} (1/\varphi + h_d/L)/g \quad (18)$$

Величины, входящие в правую часть формулы (21), отличаются для различных автомобилей, однако незначительно. Так, для современных легковых автомобилей  $j_{umax} = 2 \div 2,5$  м/с<sup>2</sup>, меньшие значения относятся к автомобилям особо малого класса, а большие – к автомобилям среднего класса.

Значения  $\delta_{II} = 1,2 \div 1,5$ ,  $h_d = 0,5 \div 0,55$  м и  $L \approx 2,2 \div 2,5$  м, коэффициент сцепления ведущих колес с дорогой можно принимать для сухих асфальтированных дорог постоянным:  $\varphi = 0,8$ .

Из расчетных зависимостей относительного распределения нагрузки автомобиля с приводом на передние колеса по осям ( $b/L$ ) от максимального ускорения следует, что при сравнительно небольшом изменении максимального ускорения  $j_u$  и коэффициентов  $\delta_{II}$  учета вращающихся масс значения  $b/L$  изменяются в широких пределах.

Графики изменения крутящего момента и мощности двигателя в функции изменения частоты вращения представлены на рисунке 9.

«Силы  $P_f$  и  $P_w$  всегда являются положительными, сила  $P_i$  положительна при движении автомобиля на подъем и отрицательна при движении под уклон; сила  $P_j$  положительна при ускоренном движении автомобиля и отрицательна при замедленном его движении. [33]

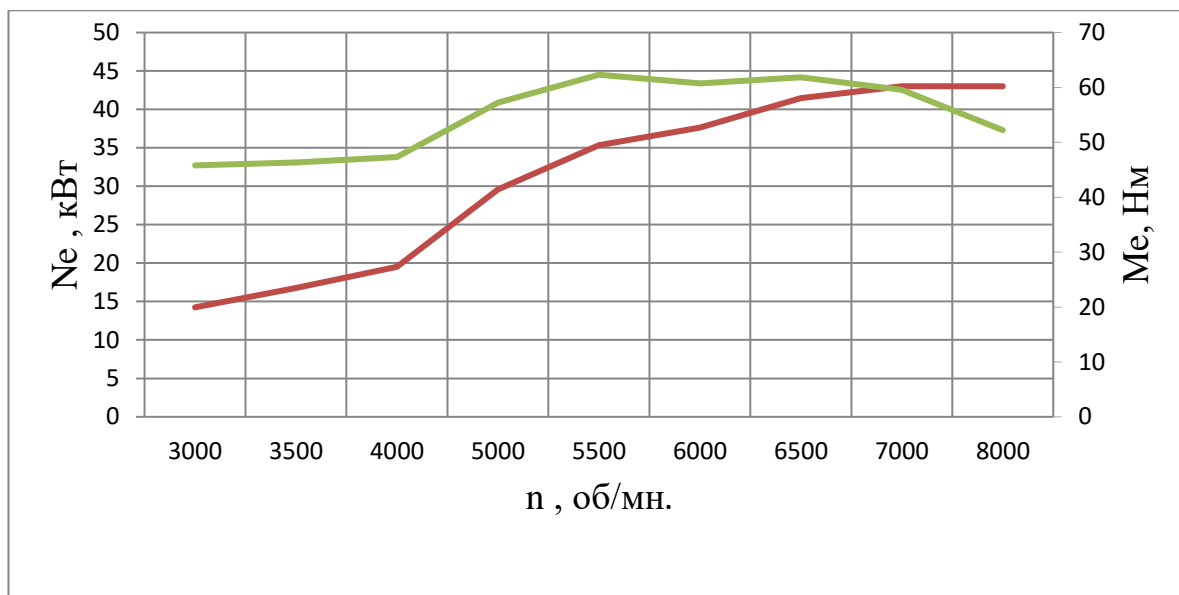


Рисунок 9 – Внешняя скоростная характеристика»[1] двигателя

## 2.7 Тяговый расчет автомобиля

«Тяговый расчет автомобиля с прицепом или полуприцепом производится на основании тех же уравнений, которые приведены были выше для случая тягового расчета двухосного автомобиля. Так как динамическая характеристика для автомобиля с прицепом или полуприцепом отличается от такой характеристики для двухосного автомобиля только масштабом, то, очевидно, выводы, полученные выше для двухосного автомобиля, остаются справедливыми и для автомобиля с прицепом или полуприцепом. Необходимо лишь во все уравнения вместо веса автомобиля  $G$  вставить полный вес агрегата  $G + G'$ , где  $G'$  - вес прицепа или полуприцепа. Однако при тяговом расчете автомобиля с прицепом или полуприцепом могут быть поставлены новые вопросы, которые требуют дополнительного решения. К таким вопросам надо отнести:

- определение максимального полного веса прицепа или полуприцепа  $G$ , который допустим при заданном автомобиле-тягаче;
- определение нового передаточного числа в главной передаче  $i_0$  или в редукторе  $i_p$ , которые надо выбрать для того, чтобы имеющийся автомобиль снабдить прицепом или полуприцепом.



Предельное значение допустимого веса  $G'$  прицепа или полуприцепа определяется той максимальной тяговой силой, которая может быть получена на ведущих колесах автомобиля-тягача. Так как всегда можно подобрать необходимое передаточное число, обеспечивающее должную тягу на ведущих колесах при том вращающем моменте двигателя  $M_T$ , то максимальное значение веса  $G'$  прицепа или полуприцепа ограничивается величиной сцепления ведущих колес с дорогой.

Для упрощения задачи пренебрегаем изменением радиальных реакций, происходящим при передаче через автомобиль-тягач тяговой силы. При этом весь расчет упрощается, а ошибка получается весьма небольшой. На рисунке 10 представлена схема автомобиля, снабженного прицепом. Предельное значение тяговой силы  $P_{fmax}$  на задних ведущих колесах автомобиля-тягача определяется из выражения:»[21]

$$P_{fmax} \approx \phi \cdot G_2 = \phi \cdot G \frac{a}{L} \quad (19)$$

где  $G$  – полный вес автомобиля.

«Принимая во внимание, что при установке первой передачи скорость автомобиля очень мала, и пренебрегая, поэтому сопротивлением воздуха, получаем:

$$P_{Pmax} = G_a = \phi \cdot G_a = \phi(G + Gi) \cdot \quad (20)$$

где  $G'$  - полный вес прицепа.

## 2.8 Сравнение тягово-скоростных свойств автомобилей

При использовании на автомобиле с приводом на передние колеса такого же двигателя, что и на автомобиле классической компоновки, сила тяги на ведущих колесах может быть определена из уравнения (24). Решением этого уравнения в пределах возможных скоростей движения находится тяговая характеристика автомобиля.

Для удобства сопоставления автомобилей различных компоновочных схем по тягово-скоростным свойствам обычно используют динамический фактор  $D$ , для определения которого уравнение (24) преобразуется к виду:

$$D = [(\alpha_M a_M \cdot 0,5 c_x \cdot \rho \cdot F_{\text{л}}) \cdot v^2 + b_M \cdot v + c_M \cdot cv] / G_a \quad (21)$$

С помощью уравнения (27) можно получить динамическую характеристику. Ускорение, развиваемое автомобилем в процессе разгона

$$J_a = (a_j \cdot v^2 + b_j \cdot v + c_j) / (\delta_{\text{И}} \cdot M_a) \quad (22)$$

Уравнение (28) в графическом виде выражается для каждой передачи своей параболой. Вершины парабол определяются координатами  $v$ ,  $J_{a \max}$ .

Аналогичные уравнения могут быть получены и через первую производную правой части уравнения, приравненную нулю. Коэффициенты  $a_j$  во всем диапазоне скоростей и ускорений отрицательные. Хотя ускорение является скоростным показателем автомобиля, в качестве оценочного параметра оно обычно не применяется вследствие неудобства использования. Наибольшее распространение в качестве измерителя динамики разгона получили время  $t$  и путь  $S$  разгона автомобиля.

Распределение тяговой силы по отдельным видам сопротивления движению называется тяговым балансом автомобиля. Аналогично этому [21] «может быть распределена по отдельным видам сопротивления движению автомобиля и развиваемая двигателем мощность  $N_m$ . Такое распределение мощности двигателя по отдельным видам сопротивления называется мощностным балансом автомобиля.» [40]

$$N_m = N_t + N_f + N_w + N_i + N_j \quad (23)$$

$$N_m = N_t + N_f + N_w \quad (24)$$

$$N_r = (1 - \eta_m) \cdot N_m \quad (25)$$

где  $\eta_m$  – коэффициент нагруженности.

Уравнения мощностного баланса описывают потенциальные тягово-скоростные свойства по характеристикам двигателя и трансмиссии, однако использование этих свойств должно быть обеспечено сцеплением ведущих колес с дорогой, а следовательно, статическим распределением нагрузки по

осям. Для сопоставительной оценки рассматриваемых автомобилей по скоростной характеристике на дороге с переменным продольным профилем и при преодолении подъемов на высшей передаче следует рассмотреть динамику движения автомобиля на подъем. При движении происходит перераспределение нормальных реакций: с увеличением угла подъема реакции вырастают на задних колесах и уменьшаются на передних. При достижении определенного угла подъема у автомобилей с задними ведущими колесами наблюдается потеря сначала управляемости, а затем продольной устойчивости (при достаточном моменте на ведущих колесах сцепления этих колес с дорогой). Если ведущими являются передние колеса, то продольная устойчивость сохраняется, так как во всех ведущих режимах движения потеря сцепления ведущих колес опережает опрокидывание.

При «проектировании автомобилей с приводом на передние колеса, для обеспечения силы тяги по сцеплению ведущих колес с дорогой обычно нагрузку на передние колеса в статическом состоянии принимают больше, чем на задние. С увеличением нагрузки на передние колеса улучшается сцепление колес»[7] с дорогой, но возникает некоторая перегрузка передних колес при движении по горизонтальной дороге.

В качестве оцениваемых параметров, характеризующих способность автомобиля двигаться на подъем, рассмотрим зависимость скорости движения от угла подъема и максимального угла подъема дороги, по которой «может двигаться автомобиль с установившейся скоростью на низшей передаче. Свойства автомобиля двигаться на подъем определяются силой  $P_K$  тяги, выражаемой через момент двигателя по формуле (26).

Со стороны дороги на ведущих колесах автомобилей с приводом[13] на передние колеса определяются нормальные реакции применительно к установившемуся движению на подъем:

$$R_{z1} = G_a (f_0 \cos \alpha_{\Pi} + \sin \alpha_{\Pi})/L \quad (26)$$

И на задних колесах автомобилей классической компоновки:

$$R_{z2} = G_a (a \cos \alpha_{\Pi} + h_D \sin \alpha_{\Pi})/L \quad (27)$$

Сила сцепления ведущих колес с дорогой пропорциональна нормальной реакции, действующей на эти колеса, и коэффициенту сцепления шин с дорогой. В процессе разгона по горизонтальной дороге (сопротивлением качению и воздуха пренебрегаем) нормальная реакция на передних ведущих колесах уменьшается.

$$N_m \cdot \eta_m = \psi G v^2 + W \cdot v^2 + \delta \frac{G}{g} v \cdot \frac{dv}{dt} \quad (28)$$

$N_f = F_f \cdot V$  – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления качению колес, Вт; »[3]

«  $N_T = F_T \cdot V$  – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления подъему ( $N_T=0$ ), Вт;

$N_B = F_B \cdot V$  – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления воздуха, Вт;

$N_D = F_i \cdot V$  – мощность, затраченная на преодоление силы инерции автомобиля» [9] ( $N_B = 0$ ), Вт.

При рассмотрении экстремального случая, когда разгон осуществляется с полным использованием возможностей двигателя и сцепления колес с дорогой, в уравнения (24), (25) следует подставлять максимальные ускорения.

Для создания одинаковых условий разгона по сцеплению автомобилей обеих компоновочных схем с разными массами и одним и тем же двигателем необходимо обеспечить равенство нормальных реакций передних и задних колес.

$$\eta_m = \frac{M_p}{M_m i_K i_o} \quad (29)$$

$$P_p = \frac{M_m \cdot i_K i_o \cdot \eta_m}{r_K} \quad (30)$$

«На рисунке 10 приведены результаты испытания коробки передач автомобиля при включении передач.»[10]

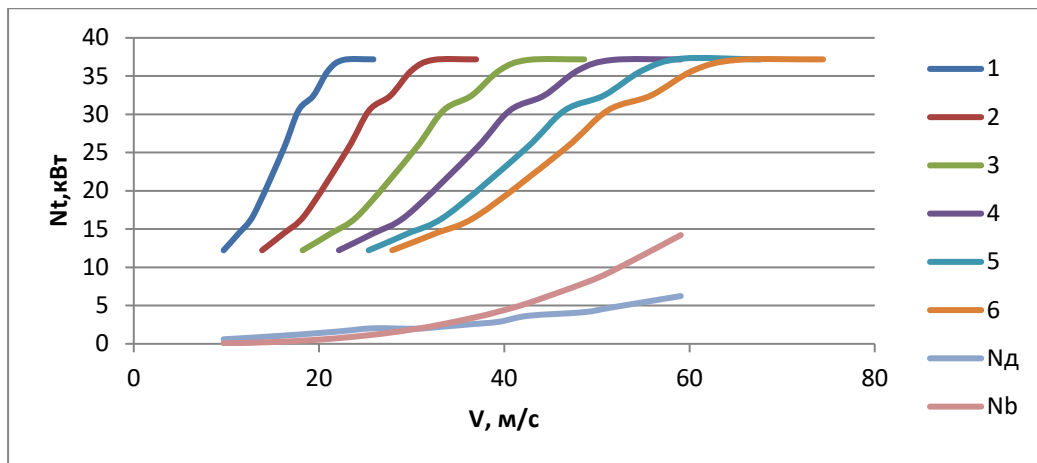


Рисунок 10 – Мощностной баланс

## 2.9 Тяговые характеристики автомобиля

При одинаковых силах тяги, подведенных от двигателя к ведущим колесам, автомобили с приводом на передние ведущие колеса преодолевают такие же максимальные подъемы, как и автомобили классической компоновки, только если центр масс у первых смещен к оси передних колес. Для определения величины смещения центра масс и степени влияния компоновочной схемы автомобиля на величину максимального угла подъема приравниваем правые части уравнений (21) и (22). Если автомобиль с приводом на задние колеса имеет равномерное распределение нагрузки по осям, т.е. в уравнении (23)  $a=0,5 L$ . После преобразований получим координату центра масс автомобилей с «приводом на передние колеса, преодолевающих такие же максимальные подъемы, как и автомобили с задними ведущими колесами при равномерном распределении нагрузки по осям»[13] в виде:

$$b = 0,5L + \varphi \cdot h_d + 2f \cdot r_d - f \cdot h_d \quad (31)$$

Для достижения одинаковых максимальных углов подъема по условию сцепления для рассматриваемых автомобилей необходимо, чтобы «центр масс автомобиля с «приводом на передние колеса был смещен вперед на

величину  $\Delta a = \varphi \cdot h_d + 2f \cdot r_d - f \cdot h_d$ . Из этого уравнения следует, что максимальный угол подъема по условию сцепления ведущих колес»[10] зависит от конструктивных параметров  $L$ ,  $b$ ,  $h_d$ ,  $r_d$  и дорожных условий, характеризующихся величинами  $\varphi$  и  $f$ . Проведенные расчеты показали, что с достаточной степенью точности уравнение может быть представлено как  $b = 0,5L + \varphi \cdot h_d$ .

При  $\varphi = 0,4$  сцепные свойства автомобилей двух рассматриваемых компоновочных схем приблизительно равны, а максимальные углы подъема для обоих автомобилей составляют примерно  $10^\circ$ . При больших коэффициентах сцепления зависимости  $\alpha_{II} = f(\varphi)$  рассматриваемых автомобилей отличаются существенно. Проведенный анализ движения на подъем правомерен для автомобилей с полной нагрузкой. Однако легковые автомобили значительную часть времени эксплуатируются с частичной нагрузкой и большой интерес представляет исследование тягово-динамических свойств при движении автомобилей на подъем при неполной нагрузке.

Максимальный угол подъема при неполной нагрузке и заданной скорости движения с учетом возможностей двигателя  $\alpha_{II \text{ ДМАХ}}$  может быть определен из отношения правой и левой частей формулы (17) при полной и частичной нагрузках, в которое следует подставлять при полной нагрузке массу  $M_a$ , а при частичной – массу  $M_{II}$  автомобиля при неполной нагрузке. При частичной нагрузке у автомобилей обеих компоновочных схем обычно оказываются не полностью загруженными задние сиденья и багажное отделение, при этом уменьшается нагрузка (абсолютная и относительная) на задних колесах и возрастает (относительная) нагрузка на передних колесах, т.е. происходит смещение центра масс у обоих автомобилей к оси передних колес, а следовательно, выравниваются возможности преодоления подъемов этими автомобилями.

Результаты расчетов сводим в таблицу «5 и строим графики и на рисунке 11.

Таблица 5 – Результаты расчета топливно-экономической характеристики автомобиля

$\omega_e$ , рад/с	$V_a$ , м/с	$Q_s$ , л/100 км
314,16	27,91	0,53
366,52	32,56	0,81
418,88	37,21	1,17
523,60	46,51	2,38
575,96	51,16	3,28
628,32	55,82	4,31
680,68	60,47	5,72
733,04	65,12	7,54»[14]
837,76	74,42	15,98

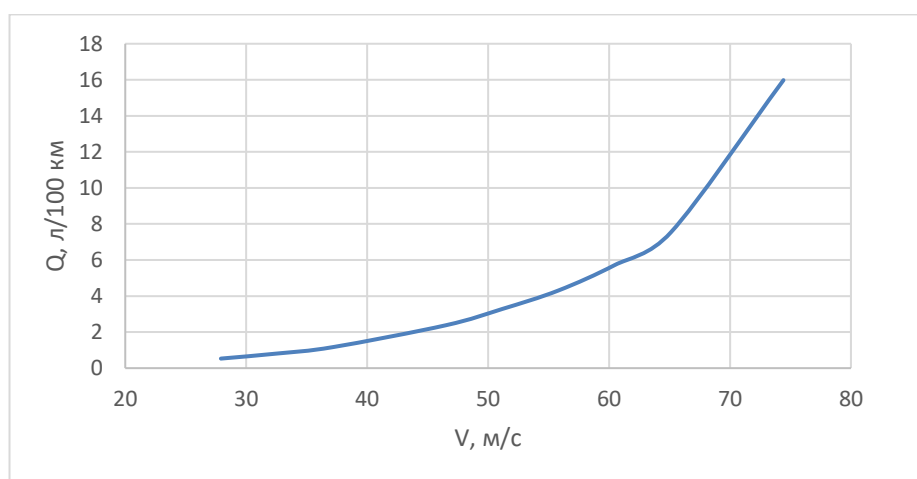


Рисунок 11 – Путь расход топлива» [1]

Вывод:

Распределение нагрузки по осям для автомобилей всех компоновочных схем зависит от компоновки узлов и агрегатов, обеспечивающих удобство размещения пассажиров в салоне, их посадки и выхода, управляемости и устойчивости, а также тягово-сцепных свойств, особенно для автомобилей с приводом на передние колеса.

### **3 Разработка конструкции**

#### **3.1 Техническое задание**

Наименование и область применения.

Стенд для диагностики топливной аппаратуры. Предназначен для очистки от загрязнений и проверки топливных форсунок бензиновых двигателей ВАЗ на герметичность и производительность. Устройство (стенд) представляет собой корпус, конструктивно совмещенный с баком для промывочной жидкости для проведения работ по очистке и проверке технического состояния форсунок. Стенд предназначен для размещения на СТО на участке системы питания для уменьшения трудоемкости и механизации процесса проверки работоспособности топливных форсунок инжекторных двигателей автомобилей. Режим и условия работы стенда: закрытое помещение с искусственным освещением, принудительной вентиляцией, температура от +15°C до +40°C, относительной влажностью воздуха не более 75%, в зоне работы стенда имеется источник электропитания.

Основание для разработки.

Разработка стенда проводится по заданию кафедры ПЭА в рамках дипломного проекта по теме «Стенд для испытаний элементов топливной системы легковых автомобилей».

Цель и назначение разработки.

«Разработать стенд для очистки от загрязнений и проверки форсунок. Стенд должен применяться на станциях технического обслуживания для очистки от загрязнений и проверки топливных форсунок.

Источники разработки.

Стенд для проверки и ультразвуковой чистки форсунок»[6]  
«WebSonic»

Основные технические требования.



Стенд должен состоять из рамы, бака для проверочной жидкости, подающего насоса, фильтрующего элемента, мерных цилиндров, рампы для установки форсунок, пульта управления, параметры представлены в таблице 6.

Для объективного принятия решения по дефекту форсунок стенд должен иметь возможность проверять четыре форсунки одновременно.

Форсунки должны быть расположены на стенде вертикально, распылителем вниз непосредственно над мерными цилиндрами. Погружной насос должен создавать давление, как в топливной системе автомобиля 3,8÷4,2 атм.

Внешний вид, расположение основных элементов представлены в образце стенда на рисунке 12.

Стенд должен устанавливаться на верстак с твердым горизонтальным резиновым или стальным покрытием.

Стенд «должен обладать следующими преимуществами перед прототипом, выбранным из аналогов: простота в изготовлении, обслуживании, работе.»[26] Для снижения затрат стенд должен иметь возможность изготовления собственными силами в условиях СТО. Габаритные размеры не должны превышать 600x500x300 мм, масса нетто не должна превышать 15 кг для возможности «перемещения и установки в оптимальном, с точки зрения планировки, месте. Должна быть исключена возможность выпадения форсунки, с целью повышения безопасности»[27] работы со стендом и предотвращения порчи имущества и причинении вреда здоровью рабочего персонала.

Таблица 6 – Технические характеристики стенда

Наименование характеристик	Значение
Число проверяемых форсунок	4 шт
Типы проверяемых форсунок	EURO
Заправочный объём тестирующей жидкости	5 л;
Питающее напряжение	12 В / 220 В
Потребляемая мощность	не более 150 Вт

## Продолжение таблицы 6

Габаритные размеры	не более 600x500x300 мм
Масса	не более 15 кг
Давление подающего насоса	6 атм
Рабочее давление	3,8÷4.2 атм
Таймер для проверки форсунок	5 сек

«Форма оборудования должна иметь тектоническую ясность, т.е. нести информацию о работе конструкции. Пропорции контуров оборудования должны обеспечивать композиционное равновесие. Переломы элементов формы должны быть логическими, согласовываться между собой мелкие детали оборудования не должны быть хаотично расположены, при необходимости должны быть закрыты декоративными панелями, оборудование должно гармонично вписываться в композицию интерьера помещения, для чего должно быть окрашено»[6] в бело-синий цвет, для обеспечения безопасности и исключения человеческого фактора стенд должен иметь возможность автоматического отключения питания форсунок.

Экономические показатели

Бюджет проекта на разработку документации составляет 60.000 руб.

Требования к надежности.

Наработка на отказ не менее 10000 часов.

Требования к стандартизации и унификации.

Все детали стенда кроме корпуса, гидропровода и электропроводки, должны быть из числа применяемых на автомобилях ВАЗ.

Требования к безопасности.

Возможность устанавливать в помещениях с классом пожароопасности В2.

Требование к численности и квалификации персонала.

Обслуживание стенда должно производиться одним слесарем с разрядом не ниже третьего.

Требование к техническому обслуживанию.

Техническое обслуживание стенда должно проводиться рабочим персоналом СТО не чаще чем один раз в шесть месяцев.

«Стадии и этапы разработки.

- Разработка технического задания;
- Разработка технического предложения;
- Разработка эскизного проекта;
- Разработка рабочего проекта;
- Разработка комплексной конструкторской документации;
- Порядок и контроль приемки.

Производится после каждой стадии или этапа разработки.

Приложение. »[7]

Стенд для проверки и ультразвуковой чистки форсунок «WebSonic» (прототип).



Рисунок 12 - Стенд для проверки и ультразвуковой чистки форсунок «WebSonic»

### 3.2 Техническое предложение

В соответствии с техническим заданием необходимо разработать стенд для очистки от загрязнений и проверки топливных форсунок бензиновых инжекторных двигателей ВАЗ в «автопредприятиях и на станциях технического обслуживания». В качестве исходного варианта предложено

использовать стенд для проверки и ультразвуковой чистки форсунок «WebSonic».

В настоящее время проведение технического обслуживания и ремонта автомобилей невозможно без применения специального оборудования.»[6] «Применением технологического оборудования достигается качество выполняемых работ, уменьшается время, затрачиваемое на обслуживание автомобиля и возрастает производительность труда.

Диагностические работы являются одними из самых сложных при техническом обслуживании и текущем ремонте автомобиля (около 10÷16% трудоемкости всех работ). Неотъемлемой частью диагностических работ является»[16] оборудование для проверки состояния деталей и узлов топливной системы. Из-за сложности проведения диагностических «работ необходимо использовать специальное оборудование. К этому оборудованию относятся»[31] мотор-тестеры, тестеры исполнительных механизмов, сканеры, разрядники, имитаторы датчиков.

Состоит стенд из сварной коробчатой рамы-бака. На раме неподвижно закреплена рампа, в которую устанавливаются форсунки. На корпусе, под форсунками располагаются мерные цилиндры для определения производительности форсунок. В баке установлен модуль электробензонасоса с датчиком уровня топлива. Насос создает давление 6 атм, подает проверочную жидкость по топливопроводам на фильтрующий элемент, после чего избыточное давление через редукционный клапан сбрасывается обратно в бак, а на подающей топливной магистрали остается рабочее давление 3,8÷4,2 атм. Справа от бака располагается пульт управления. В верхней части бака имеется отверстие для заправки и слива проверочной жидкости из мерительных цилиндров, закрытое резиновой пробкой. В нижней части бака находится пробка для слива проверочной жидкости.

Преимущество усовершенствованного объекта перед прототипом, выбранным из аналогов, состоит в том, что стенд имеет низкую стоимость

прост в изготовлении, обслуживании, работе. «Небольшая масса конструкции дает возможность его перемещения и установки в оптимальном с точки зрения планировки месте. »[6]

### 3.2.1 Стенд для тестирования и промывки инжектора И-4Б



Рисунок 13 - Стенд для тестирования и промывки инжектора И-4Б

Установка для тестирования и ультразвуковой очистки форсунок (рисунок 13). Позволяет моделировать любые параметры работы двигателя в процессе тестирования, в соответствии с особенностями конкретной системы управления двигателем (таблица 7).

- Возможный диапазон числа оборотов: 1-9990 об/мин, диапазон давление топлива 0-7 бар, время впрыска 1-30мс;
- Ультразвуковая ванна размещается отдельно от установки (шум при работе ванны не мешает);
- Имитация различных динамических режимов работы двигателя (AUTO1, AUTO 2, AUTO 3);
- Конструкция топливной рампы позволяет работать с различными форсунками – как с верхней, так и с боковой подачей топлива, в том числе и с новейшими типами (GDI, HPI, FSI);

- Набор переходников для промывки топливной системы (а также впускных клапанов и камер сгорания) при помощи специального реагента БЕЗ съема форсунок входит в комплект поставки;
- Автоматический слив тестовой жидкости из мерных колб в исходную емкость при нажатии кнопки;
- Адаптивное управление током в соответствии с сопротивлением электрической обмотки форсунок;
- Автоматическое определение рабочего напряжения тестируемых форсунок - 3В или 12В;
- Работа установки характеризуется низким расходом специальных жидкостей;
- Расходные материалы и специальные жидкости всегда в наличии. »[16]

Таблица 7 - Технические данные

Напряжение питания	АС220В~50/60Гц
Мощность	350Вт
Давление	0~7 bar (0~0,7МПа)
«Погрешность	±2%
Диапазон числа оборотов	0~9999 об/мин
Точность числа оборотов	10об/мин
Длительность импульса включения форсунок	0.1~30мс
Диапазон времени	1~30мин
Диапазон времени ультразвуковой волны	0~15мин
Размеры	670*470*600мм
Вес	32кг»[6]

«Качество очистки гарантируется ультразвуковой технологией, а точность результатов диагностики – микропроцессорным управлением длительностью впрыска и давлением топлива в закрытом контуре. Данная

установка позволяет полностью имитировать работу двигателя автомобиля в различных режимах, что необходимо при полной диагностике форсунок.

**Достоинства установки:**

- Полностью цифровое управление – минимум кнопок.
- Автоматический и 3 ручных режима работы с возможностью изменения любых параметров в любое время – удобно.
- Автоматическое определение напряжения форсунки – не надо терять время на определение параметров.
- Автоматический слив.
- Обратная промывка форсунок входит в базовый комплект»[36] – для «вымывания оставшейся грязи из форсунки после УЗ-ванны.
- Надёжность – установки работают на сервисах уже более 7 лет.
- Инструкция на русском языке – книжка. »[26]
- Производство LANTECH, Россия, Москва

3.2.2 Стенд для проверки и ультразвуковой чистки форсунок «WebSonic»



Рисунок 14 - Стенд для проверки и ультразвуковой чистки форсунок «WebSonic»

«Назначение и преимущества Websonic

Websonic использует самые современные технологии для тестирования

и очистки форсунок (рисунок 14). Диагностический контур Websonic работает со всеми типами бензиновых форсунок. Контур очистки Websonic позволяет снять отложения с внутренних элементов электронных форсунок, в основе технологии лежит ультразвуковая кавитация (таблица 8).

Таблица 8 – «Технические данные

Число проверяемых форсунок, шт	6
Типы проверяемых форсунок	EURO, ASIA, USA
Выбор рабочего напряжения форсунок	автоматический
Контроль факела	стробоскопический
Имитация числа оборотов коленвала, об/мин.	от 500 до 25000 с шагом 500 (с индикацией)»[25]
Система очистки форсунок	ультразвуковая с отпиранием клапанов режиме «открытой форсунки»
Подогрев ультразвуковой ванны, С°	60
Мощность ультразвукового излучателя, Вт.	50
Диапазон воспроизводимого давления, Bar	0..6
Напряжение питания, В.	220±15
Частота питающей сети, Гц.	50±1
Потребляемая мощность, ВА.	не более 300
Габаритные размеры, мм.	260 × 675 x 600
Масса, кг.	не более 30»[11]

Основным отличием стенда от аналогов является наличие режима «ОР», который предотвращает форсунки от выхода из строя. Особый алгоритм управления рабочим напряжением форсунки, оптимально



подобранные сочетание мощности излучателя и температуры чистящей жидкости позволяют исключить возможность возникновения ультразвуковой сварки между запорной иглой форсунки и распылителем.

Ультразвуковой стенд Websonic выполняет следующие функции:

- автоматическое определение рабочего напряжения форсунки; »[21]
- «режим проливки, режим проверки герметичности форсунок и 5 режимов имитации работы двигателя. Применение специализированных режимов УЗ очистки намного повышает вероятность восстановления форсунок из ранее отбракованных;
- подогрев ультразвуковой ванны (увеличивает эффективность чистки, позволяет снизить мощность излучателя ультразвуковой ванны до 50 Вт, исключая таким образом в сочетании с режимом «ОР» вероятность возникновения ультразвуковой сварки между подвижными элементами форсунки). Так же подогрев ультразвуковой ванны дает возможность в некоторых особо сложных случаях при загрязнении форсунки достичь наибольшего эффекта очистки за более короткое время;
- автоматическая адаптация под «низкоомные» и «высокоомные» форсунки.

### 3.2.3 Стенд для проверки форсунок»[19] LAUNCH CNC 602A



Рисунок 15 - Стенд для проверки форсунок LAUNCH CNC 602A

Стенды для форсунок LAUNCH CNC 602A (рисунок 15) по праву занимают место самых популярных стендов для проведения испытаний форсунки, а также могут использоваться как стенд для чистки форсунок (таблица 9). Установка LAUNCH CNC 602A позволяет проводить одновременное тестирование и очистку 12 форсунок.

Таблица 9 - Технические данные

«Питание:	~ 220 В ± 10%, 50 Гц
Потребляемая мощность:	450 Вт
Мощность ультразвукового излучателя:	100 Вт
Давление тестирующей жидкости:	0 – 6,5 Bar
Диапазон имитации числа оборотов двигателя:	1 -9990 об/мин
Диапазон установки количества управляющих импульсов на форсунку:	1 - 9999 1/сек
Диапазон регулировки длительности управляющего импульса на форсунку:	1 - 25 мс
Габаритные размеры, не более:	385 x 410 x 500 мм
Вес, не более:	35 кг»[18]

#### Основные свойства ультразвукового стенда LAUNCH CNC 602A:

- наличие точки подключения стробоскопической лампы
- хорошая визуализация процесса распыла (за счёт демонтажа быстросъемных измерительных колб);
- низкий эксплуатационный расход промывочной жидкости (объем ультразвуковой ванны 1,3 л);
- доступность и дешевизна измерительных колб;
- яркая и легко читаемая индикация режимов;
- компактность, позволяет размещать установку на специализированной тележке, так и на рабочем верстаке;
- высокая надежность (двойной контроль качества).

### **3.3 Конструкция устройства. Общая информация**

В комплекте со стендом поставляется набор адаптеров и переходников, позволяющий обслуживать как электромагнитные, так и механические форсунки (BOSCH, SIEMENS, NIPONDENSO, WEBER, DELPHI, JECS, HITACHI и др.). LAUNCH CNC 602 А является стендом нового поколения, в котором реализованы все новейшие функции:

1. Автоматический слив тестирующей жидкости с колб;
2. Электронная система подготовки программы испытаний, позволяющая полностью имитировать работу форсунок на реальном двигателе;
3. Система определения сопротивления форсунки, позволяющая стенду автоматически рассчитывать необходимый ток для работы форсунки.

Стенды для форсунок Launch 602:

- Гарантия качества и авторитет компании Launch
- Надежность и долговечность
- Максимальная функциональность и технологичность
- Минимальный срок окупаемости

Функциональные возможности.

Используя установку launch 602a, Вы сможете:

- определить динамический баланс форсунок;
- определить статический баланс форсунок;
- провести тест на герметичность форсунок;
- проанализировать факел распыла форсунки;
- очистить форсунку от скопившихся отложений (Установка launch 602 может использоваться как стенд для промывки форсунок на автомобилях без снятия форсунок, а также как стенд для очистки форсунок в ультразвуковой ванне).

### **3.4 Руководство по эксплуатации**

Вид стенда представлен на рисунке 16. Описание системы

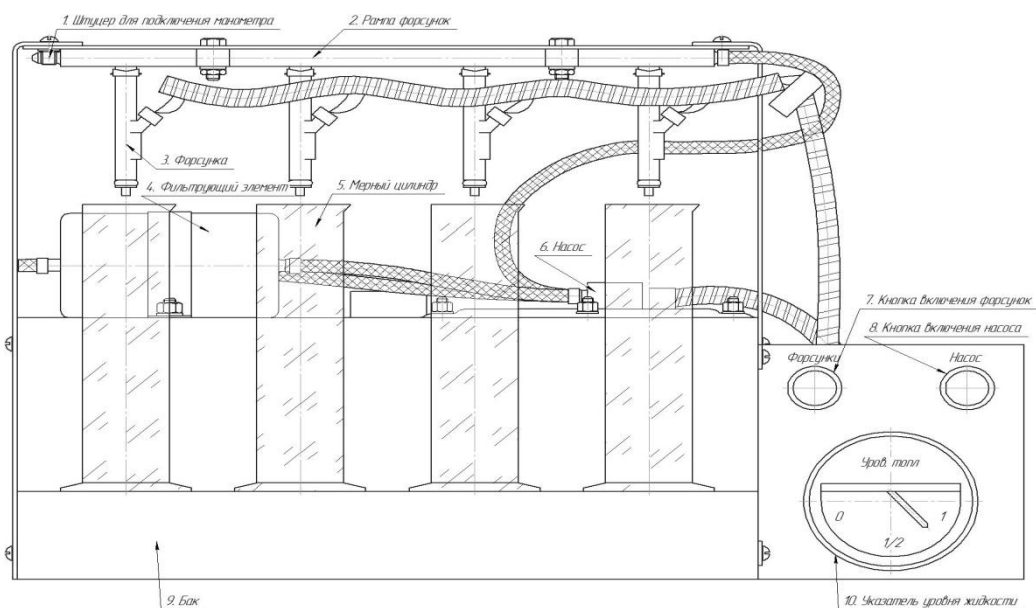


Рисунок 16 Внешний вид стенда

Стенд для проверки форсунок включает в себя:

- гидравлический контур проверки работоспособности форсунок;
- пульт управления.

«Гидравлический контур стенда проверки форсунок позволяет проверить качество распыления и расход форсунок. В его состав входят насос, фильтр, система трубопроводов.»[41]

Пульт управления стендом обеспечивает управление насосом и форсунками.

Внешний вид пульта управления.

- Кнопка включения модуля электробензонасоса (с фиксацией);
- Кнопка включения форсунок (без фиксации);
- Указатель уровня топлива.

Система предназначена для питания от сети постоянного тока 12В

Перед включением насоса следует убедиться, что в бак стенда проверки залита проверочная жидкость не менее чем на  $\frac{1}{2}$ . После первого включения и заполнения системы необходимо еще раз проверить уровень жидкости и при необходимости долить жидкость. При работе со стендом проверки нельзя на длительное время включать насос (при неработающих форсунках). При

невыполнении этих правил возможен перегрев подающего насоса и преждевременный выход его из строя.

Перед подачей давления в стенде проверки необходимо убедиться, что форсунки прочно закреплены фиксаторами в установочных местах – в противном случае они могут быть вырваны из установочных мест, что может привести к механическим повреждениям форсунок и/или стенда проверки.

При проверке форсунок на стенде все операции следует проводить при установленных измерительных колбах для предотвращения разбрызгивания проверочной жидкости.

#### Последовательность рабочих операций

Рекомендуется следующая последовательность действий:

- Проверка герметичности;
- Проверка производительности.

#### «Проверка герметичности

Запустите насос нажатием соответствующей кнопки. В течение минуты сопла форсунок должны оставаться сухими, в противном случае, форсунки, на которых образовались капли, следует считать не герметичными. Отключите насос.

#### Примечание:

Потеря герметичности форсунки может быть вызвана либо засорением ее внутренних полостей, либо физическим износом игольчатого клапана. При физическом износе игольчатого клапана форсунку следует заменить.

#### Проверка производительности

- Установите измерительные колбы под форсунки;
- Включите насос;
- Включите форсунки кнопкой;
- Дождитесь автоматического отключения питания форсунок;
- Сравните уровни проверочной жидкости в измерительных колбах;
- При необходимости повторите процедуру;

- Сделайте вывод о последующей необходимости чистки форсунок в ультразвуковой ванне. »[18]

- После окончания работ сбросить давление проверочной жидкости путем включения форсунок при выключенном насосе.

Примечание: для автомобилей ВАЗ дисбаланс форсунок не должен превышать 20%.

Техническое обслуживание стенда

Замена проверочной «жидкости».

Производится регулярно при загрязнении текущей порции жидкости.

Последовательность выполнения операций:

- отключить стенд тумблером сетевого напряжения; »[21]
- открутить болт для слива жидкости, слить жидкость в тару для отработавшей жидкости;
- закрутить болт для слива жидкости;
- «залить новую жидкость;

При замене допускается использование старой жидкости после фильтрации при помощи фильтровальной бумаги или любым другим способом, гарантирующим удаление механических примесей. Комплектность поставки представлена в таблице 10.

Замена фильтра тонкой очистки.

Производится по результатам визуального контроля чистоты рабочей жидкости»[32] или при снижении производительности подающего насоса.

Последовательность выполнения операций:

- сбросить давление в системе, подав питание на форсунки, не включая насоса;
- открутить гайки крепления фиксатора фильтрующего элемент;
- отстегнуть быстросъемные соединения фильтра от шлангов;
- собрать в обратной последовательности.

Таблица 10 - Комплект поставки

Наименование	Количество, шт.
1 Установка	1
2 Мерный цилиндр	4
3 Блок питания с шнуром	1
4 Фильтр резервный	1
5 Руководство по эксплуатации (настоящий документ)	1

#### Гарантийные обязательства.

Прибор имеет гарантию на устранение возникших неисправностей и замену составных частей, преждевременно вышедших из строя по вине предприятия изготовителя, в течение 24 месяцев от даты «продажи, при условии соблюдения требований по монтажу, эксплуатации и техническому обслуживанию, изложенных в настоящем документе. Гарантия относится к дефектам в материалах и узлах и не распространяется на компоненты, подверженные естественному износу.

В течение гарантийного срока»[16] «Изготовитель устраняет за свой счет выявленные дефекты.

При обнаружении заводского дефекта срок на гарантийный ремонт устанавливается в зависимости от трудоемкости и вида ремонта, а гарантийный период продлевается на время нахождения стенда в ремонте. Срок гарантийного ремонта устанавливается в соответствии с существующим законодательством.

Изготовитель не возмещает материальный и моральный ущерб за простой оборудования в течение времени ремонта.

Гарантия не включает в себя работы по техническому обслуживанию, которые указаны в настоящем документе и должны строго выполняться.

Изготовитель снимает свои гарантийные обязательства перед владельцем и не несёт юридической ответственности за последствия эксплуатации в случаях:

- самовольной разборки узлов и агрегатов,

- внесения в конструкцию изменений,

Если при рассмотрении рекламации выяснится отсутствие заводского дефекта, то владелец обязан оплатить расходы, связанные с рассмотрением рекламации по действующему тарифу. »[15]

Выводы по разделу:

Проведены исследования и анализ технологического оборудования – стендов для проверки и чистки топливных форсунок. «Выполнен обзор существующих конструкций, проведено сравнение достоинств и недостатков различных вариантов. Выбрана конструктивная схема стенда, заданы требуемые характеристики. »[44]

Состоит стенд из сварной коробчатой рамы-бака. На раме неподвижно закреплена рампа, в которую устанавливаются форсунки. На корпусе, под форсунками располагаются мерные цилиндры для определения производительности форсунок. В баке установлен модуль электробензонасоса с датчиком уровня топлива. Насос создает давление 600 кПа, подает проверочную жидкость по топливопроводам на фильтрующий элемент, после чего избыточное давление через редукционный клапан сбрасывается обратно в бак, а на подающей топливной магистрали остается рабочее давление 380÷420 кПа. Справа от бака располагается пульт управления. В верхней части бака имеется отверстие для заправки и слива проверочной жидкости из мерительных цилиндров, закрытое резиновой пробкой. В нижней части бака находится болт для слива проверочной жидкости.

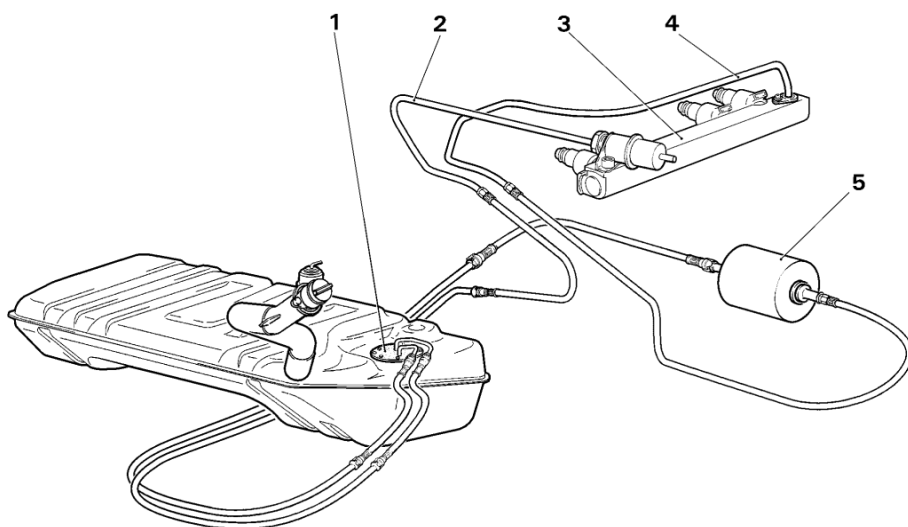
Преимущество усовершенствованного объекта перед прототипом, выбранным из аналогов, состоит в том, что стенд имеет низкую стоимость, прост в изготовлении, обслуживании, работе. «Небольшая масса конструкции дает возможность его перемещения и установки в оптимальном с точки зрения планировки месте. »[27]



## **4 Технологический процесс диагностирования форсунок на стенде**

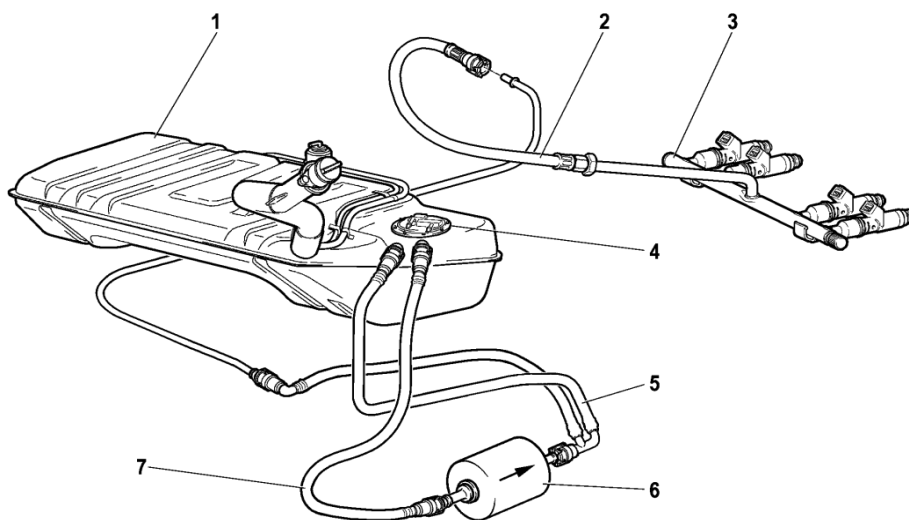
### **4.1 Особенности устройства систем питания бензиновых двигателей**

«Для бесперебойной подачи необходимого количества топлива в двигатель на всех режимах его работы, на современных автомобилях используется преимущественно две системы подачи топлива: с попарно-параллельным впрыском и с распределенным последовательным впрыском. Эти системы отличаются организацией процедуры впрыска топлива и местом расположения регулятора давления топлива в системе. В системе подачи топлива с попарно-параллельным впрыском (рисунок 17), одновременно срабатывают две форсунки. ЭБУ включает топливные форсунки попарно (1-4, 2-3) попеременно через каждые  $180^\circ$  поворота коленчатого вала. Топливо во впускной трубопровод каждого цилиндра впрыскивается дважды: вначале на закрытые впускные клапаны на такте рабочего хода, а затем на такте впуска. Электробензонасос, установленный в баке, подает топливо через магистральный топливный фильтр тонкой очистки и шланги подачи топлива на рампу форсунок. Электромагнитные форсунки, установленные во впускной трубе двигателя, впрыскивают топливо точными дозами на впускной клапан, где оно практически мгновенно испаряется. Далее готовая топливовоздушная смесь поступает в цилиндры двигателя. Регулятор давления топлива поддерживает постоянный перепад давления между впускной трубой и нагнетающей магистралью рампы. Давление топлива, подаваемого на форсунки, находится в пределах 284-325 кПа при включенном зажигании и неработающем двигателе. В системе подачи топлива с распределенным последовательным впрыском (рисунок 18) ЭБУ включает топливные форсунки последовательно (1-3-4-2)» [3, 4].



«1 - электробензонасос; 2 - сливной топливопровод; 3 - рампа форсунок; 4 - подающий топливопровод; 5 - топливный фильтр»

Рисунок 17 – Система подачи топлива с попарно-параллельным впрыском



1- топливный бак; 2- шланг подачи топлива к рампе форсунок; 3- рампа форсунок; 4- электробензонасос; 5- шланг подачи топлива от фильтра; 6- шланг подачи топлива к фильтру; 7- топливный фильтр»

Рисунок 18 – Система подачи топлива с распределенным последовательным впрыском»[34]

«Каждая из форсунок включается через каждые  $720^\circ$  угла поворота коленчатого вала, т.е. один раз за рабочий цикл четырехтактного двигателя.

В этом случае обеспечиваются идентичные условия смесеобразования для каждого цилиндра. Встроенный в электробензонасос регулятор давления топлива поддерживает давление топлива в рампе форсунок в пределах от 364 до 400 кПа в зависимости от режима работы двигателя. Излишки топлива сливаются обратно в топливный бак через специальную магистраль, идущую от фильтра тонкой очистки к регулятору давления бензонасоса» [4].

#### **4.2 Основные неисправности и способы их устранения**

Топливная система автомобиля одна из самых чувствительных к разного рода загрязнениям. «Топливо подается к форсунке под определенным давлением. Электрические импульсы, поступающие на электромагнит форсунки от блока управления, приводят в действие игольчатый клапан, открывающий и закрывающий канал форсунки. Количество распыляемого топлива пропорционально длительности импульса, задаваемой блоком управления. На процесс смесеобразования существенное влияние оказывает не только количество и расположение распылительных отверстий, но и их чистота. Так как форсунки расположены в зоне воздействия высоких температур, то они являются самым теплонагруженными деталями системы подачи топлива, а потому и главным объектом накопления смолянистых отложений. Как следствие закоксовывание содержащимися в топливе тяжелыми и трудно испаряющимися фракциями, а также сернистыми соединениями, которые под воздействием температуры и кислорода превращаются в липкие темно-коричневые осадки-смолы. Образование на форсунке твердых отложений, даже самого незначительного их количества, перекрывающих (частично или полностью) распылительные отверстия и нарушающих герметичность игольчатого клапана, способны сильно изменить как количество впрыскиваемого топлива, так и качество его распыления» [3, 6].

«Кроме того, общее загрязнение элементов топливной системы (бака, трубопровода, фильтра и т.д.) приводит к засорению частичками шлама каналов и фильтра форсунки. В результате этого качество и состав смеси нарушаются, ухудшается ее сгорание, и, как следствие, возникают разного рода проблемы: затрудненный запуск двигателя, неустойчивая работа на малых оборотах, повышенный расход топлива, повышенный уровень CO, СН, перегрев, детонация, потеря тяги, преждевременный выход из строя агрегатов и деталей системы. Для устранения вышеописанных проблем, снижения эксплуатационных расходов рекомендуется (один раз в 20-30 тыс. либо по мере их необходимости) производить восстановление нормальной работоспособности форсунок методом их очистки на ультразвуковом стенде» [3, 6].

Выводы по разделу:

«Зависимость (28) выражает устойчивость невозмущенного движения вообще (устойчив, неустойчив), т.е. поведение системы после снятия возмущающего воздействия, и не дает количественной оценки отклонения от начальной траектории при возмущении, хотя движение может быть асимптотически устойчивым (приближающимся к началу координат), а начальная точка траектории при возмущающем воздействии может быть за границей полосы движения. Для определения «практической» устойчивости необходимо знать максимальные отклонения траектории движения автомобиля при возмущающих воздействиях, т.е. угловую скорость  $\psi$  и боковое отклонение  $\delta$ , а значит, решить уравнение движения относительно этих параметров с учетом правых частей. [46]

По величине ускорения при разгоне автомобиля можно судить о его тягово-динамических свойствах.»[2] «Поскольку эффективность тяговой силы автомобиля оценивается по отношению суммы тяговых сил всех колес к весу автомобиля: 0,53 и 0,47, стенды могут оборудоваться датчиками веса..» [22]

## 5 Безопасность и экологичность технического объекта

### 5.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

«Рассмотрение динамики системы водитель – автомобиль – дорога связано со значительными трудностями. Водители отличаются физиологическими и психологическими данными, имеют разную профессиональную подготовку. Автомобиль как механическая система конструктивно состоит из большого числа узлов и механизмов, имеющих различные взаимные связи и общие связи через колеса с дорогой. Автомобильные дороги, в свою очередь, характеризуются большим разнообразием микро- и макронеровностей, закруглений (в плане), сцепных свойств с колесом и другими факторами. В дальнейшем динамика движения автомобиля с приводом на передние колеса оценивается методом сравнения с динамикой автомобилей классической компоновки, а иногда и с задним расположением двигателя. [2]

Для аналитического исследования управляемости и устойчивости автомобиля используют математические модели различной сложности. При создании пяти массовой модели (массы кузова и четырех колес с неподрессоренными частями) получается сложная и громоздкая система уравнений, неравнозначно влияющих на управляемость и устойчивость автомобиля. Для решения такой системы порой сложно подобрать соответствующие входные параметры, поэтому в настоящее время широко используется одна массовая модель с шестью степенями свободы. Линейные перемещения модели рассматриваются в неподвижной системе координат  $X_0$ ,  $Y_0$ ,  $Z_0$ , а угловые перемещения кузова автомобиля – в системе координат, закрепленной в центре масс и перемещающейся вместе с автомобилем.»[24]

Закономерность изменения стабилизирующих моментов при наличии реакций от тормозных сил или сил тяги – обратная по сравнению с боковыми реакциями. При наличии тормозных сил стабилизирующие моменты

уменьшаются практически по линейному закону, причем тем существеннее, чем больше угол увода. С увеличением угла увода и тормозной силы стабилизирующие моменты могут принимать отрицательные значения. При наличии силы тяги стабилизирующие моменты возрастают (до некоторых значений этой силы), а затем начинают падать. Максимум стабилизирующего момента смещается в сторону больших значений  $R_z$  при увеличении нормальной нагрузки на колесо. [7]

Полученные результаты испытаний для исследованных шин в различных режимах движения колеса показывают, что в приближенных расчетах эксплуатационных свойств автомобиля при отсутствии скольжения и углах увода  $\delta \leq 4^\circ$  можно принимать коэффициенты сопротивления уводу в тормозном режиме постоянными, а в ведущем режиме – линейно уменьшающимися с увеличением силы тяги. Для расчетов с большей точностью следует применять сложные зависимости [4, 5]. Стабилизирующие моменты остаются примерно постоянными в ведущем режиме и уменьшаются по линейной зависимости с увеличением тормозных сил. Продольные реакции, ограничивающие возможности применения таких закономерностей, определяются точностью расчета,  $\varphi$  и нормальной нагрузкой колеса. Так, при коэффициенте сцепления  $\varphi=0,65$  и тормозной силе 750 Н близкое постоянство коэффициента уводу сохраняется для нормальных нагрузок колеса  $G_K \geq 3$  кН. При меньших нормальных нагрузках отклонения становятся существенными.

При наличии продольной тяговой реакции  $R_{zx}$  боковые реакции постоянно снижаются. Такие закономерности сохраняются до углов увода  $\delta=6^\circ$ . При  $\delta=8^\circ$  разность боковых реакций при наличии реакций тормозных сил или сил тяги уменьшается, а при  $\delta=10^\circ$  практически отсутствует

## **5.2 Движение автомобиля при повороте**

Поворачиваемость автомобиля является одним из важных свойств, определяющих управляемость и существенно влияющих на устойчивость автомобиля. Поворачиваемость определяется траекторией движения

автомобиля и зависит от многочисленных его конструктивных и эксплуатационных параметров.

В качестве «идеального» по поворачиваемости принимаем автомобиль, который имеет траекторию движения, соответствующую кинематике рулевого привода при равенстве углов увода  $\delta_n$  передних и задних колес. Радиус поворота такого автомобиля независимо от конструктивных и эксплуатационных параметров при всех скоростных режимах  $R_o = L/\theta \approx L/\theta_o$ . В процессе эксплуатации при реальных конструктивных параметрах невозможно обеспечить равенство углов увода ( $\delta_n = \delta_z$ ), а следовательно, совместить траектории движения «идеального» и реального автомобиля  $R = L/(\theta - \delta_n + \delta_z)$ , значимость многочисленных параметров, влияющих на траекторию движения, выражается через углы увода  $\delta_n$  и  $\delta_z$ .

Для оценки поворачиваемости широкое распространение получили понятия недостаточной, избыточной и нейтральной поворачиваемости. Разные исследователи по-разному определяют эти понятия. Так, некоторые исследователи оценивают поворачиваемость автомобиля через соотношение углов увода  $\delta_n$  передней и  $\delta_z$  задней осей. При  $\delta_n > \delta_z$  поворачиваемость недостаточная, при  $\delta_n < \delta_z$  - избыточная; при  $\delta_n = \delta_z$  - нейтральная. Иногда поворачиваемость оценивают по соотношению теоретического  $R_o$  (при отсутствии углов увода) и действительного  $R$  радиусов кривизны траектории движения автомобиля; если поворачиваемость недостаточная,  $R > R_o$ ; если избыточная,  $R < R_o$ ; если нейтральная,  $R = R_o$ .

Отраслевая нормаль предлагает следующее определение: недостаточная, нейтральная и избыточная поворачиваемость – свойство автомобиля соответственно увеличивать, не изменять или уменьшать радиус поворота при повышении скорости движения по окружности с закрепленным рулевым управлением. Первые два определения поворачиваемости взаимосвязаны между собой, а различие их выражений обусловлено методикой испытаний автомобиля на поворачиваемость. Следует отметить,

что эти определения являются частными, применимыми к конкретному режиму движения, не обеспечивают функциональной зависимости, а также адекватности перехода от недостаточной к избыточной (от избыточной к недостаточной) поворачиваемости автомобиля и не могут характеризовать поворачиваемость автомобиля для всех скоростных и нагрузочных режимов движения. Последнее определение более полно характеризует поворачиваемость, адекватно описывает изменение поворачиваемости для конкретного автомобиля. Оно принимается в дальнейшем изложении. Кроме того, различают шинную, креновую поворачиваемость, а иногда и поворачиваемость вследствие податливости рулевого привода. Шинная поворачиваемость – поворачиваемость, возникающая в результате увода шин передних и задних колес. Креновую поворачиваемость определяют через развал колес при крене кузова и независимых подвесках или через разворот мостов при зависимых подвесках.

Для оценки степени влияния каждой составляющей на суммарную поворачиваемость автомобиля проведены дорожные испытания макета полноприводного автомобиля с поочередным отключением переднего или заднего ведущего моста, с изменением нормальных нагрузок на мосты, давления воздуха в шинах, а также углов наклона шкворней:

$$J_{\text{ПР}} \cdot \gamma_{\text{КР}} + 0,5\gamma_{\text{КР}} \sum k_{\text{КР}i} B^2 + 0,5\gamma_{\text{КР}} \sum C_{\text{КР}i} \cdot B^2 = M_{\gamma} \quad (32)$$

где  $J_{\text{ПР}}$  - момент инерции кузова относительно центра крена;

$k_{\text{КР}i}$  - коэффициент демпфирования в подвеске  $i$  –го колеса. [43]

Функциональные зависимости углов поворота управляемых колес зависят от бокового ускорения и скорости движения, тогда угол крена:

$$\gamma_{\text{КР}} = \gamma m_0 h_{\text{нр}} / (C_{y1} + C_{y2}) \quad (33)$$

Хотя возможности создания автомобилей различных компоновочных схем с такой поворачиваемостью для конкретного режима движения большие, сохранить ее в различных условиях эксплуатации невозможно. Кривая 1, отражающая прогрессивный рост угла поворота управляемых



колес от бокового ускорения или скорости движения при постоянном радиусе, характерна для автомобилей с начальной и постоянно возрастающей недостаточной поворачиваемостью. Угол поворота возрастает вследствие увеличения разности углов увода  $\Delta = \delta_n - \delta_z$ , с повышением бокового ускорения и вызывает увеличение как сил на рулевом колесе, так и углов поворота рулевого колеса. Точка Б этой кривой характеризует удвоенное увеличение угла поворота рулевого колеса, и применительно к скорости движения соответствует «характерной» скорости (когда  $\theta = 2L/R$ ), ограничивающей недостаточную поворачиваемость автомобиля общего назначения.

Возможности увеличения скорости движения ограничены «критической» скоростью, при которой угол поворота  $\theta = 2L/R=0$  и поворот автомобиля осуществляется вследствие разности углов увода передних и задних колес  $\Delta = \delta_n - \delta_z$ .

«Уравнение  $m_a \ddot{v} = \sum R_x$  описывает равновесие сил, действующих на автомобиль в продольной плоскости симметрии, и можно считать, что характеристики меняются с изменением нормальных и продольных реакций, действующих на колеса со стороны дороги, и могут быть учтены через коэффициенты  $K_y$  сопротивления уводу и  $K_M$  стабилизирующих моментов. Тогда рассматриваемое уравнение может быть исключено из системы.»[24]

$$K_y = K_{y0}(1 \pm c_h R_x)(1 \pm c_1 \Delta R_z) \quad (34)$$

$$K_M = K_{M0}(1 \pm c_M R_x)(1 \pm c_M \Delta R_z) \quad (35)$$

где  $K_y$  и  $K_{y0}$  - коэффициенты сопротивления уводу шин соответственно при статических нагрузках и отсутствии продольных реакций, а также при наличии продольных реакций и изменении нормальных нагрузок;

$K_M$  и  $K_{M0}$  - коэффициенты стабилизирующих моментов шин соответственно при статических нормальных нагрузках и отсутствии продольных реакций;

$c_h$  и  $c_M$  - величины, учитывающие изменение коэффициентов

сопротивления уводу и стабилизирующих моментов в зависимости соответственно от изменения продольных и нормальных реакций;

$\Delta R_z$  - изменение нормальных реакций на колесах автомобиля;

$R_x$  - продольная реакция на колесах автомобиля.

Кривая 2 характеризует начальную недостаточную поворачиваемость с переходом ее в избыточную, кривая 4 – переход от избыточной поворачиваемости к недостаточной в аналогичной точке.[24] Обычно такой переход в процессе эксплуатации происходит при «увеличении боковых ускорений (скорости движения) и определенном сочетании конструктивных и эксплуатационных параметров (изменение кинематики и угловой жесткости подвесок с изменением боковых ускорений, режимов движения, перераспределение нормальных реакций и др.)»[24]

линейную зависимость между углом  $\theta$  поворота рулевого колеса и центростремительного ускорением  $j_\delta$ . [31]

### **5.3 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков**

Опасные и вредные производственные факторы на посту сборки

Физические факторы можно разделить на следующие:

- движущиеся машины и механизмы;
- «подвижные части производственного оборудования и технической оснастки;
- передвигающиеся изделия, детали, узлы, материалы;
- повышенную запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
- повышенную или пониженную температуру поверхностей оборудования, материалов;
- повышенную или [46] пониженную температуру воздуха рабочей зоны;
- повышенный уровень шума на рабочем месте;

- «повышенный уровень вибрации;
- повышенный уровень ультразвука и инфразвуковых колебаний; повышенное или пониженное барометрическое давление в рабочей зоне и его резкое изменение;» [38]
- «повышенную или пониженную влажность воздуха, ионизацию воздуха в рабочей зоне;» [26]
- «отсутствие или недостаток естественного света;
- недостаточную освещенность рабочей зоны;
- пониженную контрастность;
- повышенную яркость света;
- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и всего оборудования.

Химические» [46] факторы делят в зависимости от характера и степени «воздействия на организм человека:

- токсические;
- раздражающие;
- сенсibiliзирующие;
- канцерогенные;
- мутагенные

Химические факторы влияют на репродуктивную функцию человека. Также во время попадания в организм человека воздействуют на» [2] органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, кожные покровы и слизистые оболочки.

К психофизиологическим относят следующие факторы:

- физические «перегрузки на человека (бывают статические и динамические);
- нервно-психические перегрузки на человека (выделяют» [28] умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки» [46]).

## **5.4 Технические меры, применяемые для снижения рисков профессионального характера**

Для определения условий труда необходимо установить, какие вредные и (или) опасные производственные факторы влияют на рабочих, на условия труда на рабочем месте по степени вредности и опасности.

При техническом обслуживании и текущем ремонте автомобилей возникают следующие опасные и вредные производственные факторы: «движение автомобилей, открытые части производственного оборудования, высокая загазованность автомобильными газами, опасности получения повреждений при работе с инструментом и др. [29]

Для обеспечения безопасности автослесарей, повышения качества и производительности работы все действия осуществляются на оборудованных постах, которые оснащены подъемниками со стопорами». [3]

«Участок диагностики оборудуется специальными местными отсосами отработавших газов, так как все работы проводят с работающим двигателем. Кроме того, к рабочим местам электрика подводятся местные отсосы приточно-вытяжной вентиляции. Для охлаждения двигателя автомобиля дополнительно устанавливают передвижной электрический вентилятор» [1].

В соответствии с установленными нормами обеспечивать своевременную выдачу специальной «хлопчатобумажной одежды, специальной обуви с металлической вставкой, перчаток комбинированных и предохранительного пояса, а также их хранение, стирку, сушку, ремонт и замену» [25].

«Для защиты персонала от поражения электрическим током в ремонтной зоне все электрические кабели (силовые, провода вторичных цепей)» [4] «проведены в изолированных кабель-каналах. Все технологические оборудования занулены через нулевую жилу питающего кабеля, при коротком замыкании происходит автоматическое отключение линии, питающую неисправное оборудование» [4].

«Запрещается эксплуатировать при неисправности штепсельного соединения; выключателя или другой коммутационной аппаратуры; при включении щеток; вытекании смазки; появлении дыма или запаха; наличии трещин на корпусе, рукоятке; при повышенном шуме, вибрации; хотя бы слабом воздействии электрического тока.

Корпуса электроинструментов, не имеющие двойной изоляции независимо от частоты при напряжении сети выше 42 В заземлены. [41]

Периодический осмотр электроинструмента производится не реже 1 раза в 3 месяца с записью в журнале осмотров и проверок изоляции (мегаомметром).

На участке разрядные тока статического электричества чаще всего возникают при прикосновенье обслуживающего персонала к любому из элементов. Такие разряды не представляют опасности для человека. Для предупреждения поражения работающих электрическим током подъемники заземляют» [4].

Защитному заземлению или занулению подлежат металлические части электроустановок, «которые доступны для прикосновенья человека и не имеют других видов защиты, которые обеспечивают электробезопасность.

### **5.5 Функционирование объекта в чрезвычайных и аварийных ситуациях**

#### **Пожарная безопасность**

Уровень технического оснащения АТП, который растет, осложнение производственных процессов сопровождается повышением энергоемкости производств, высокой концентрацией мощностей и материалов, использованием полимерных синтетических строительных материалов, увеличением площадей и этажей производственных зданий. При таких условиях отклонения от требований пожарной безопасности приводит к значительному экономическому ущербу и человеческие жертвы.

Пожарная опасность производственных зданий и помещений

определяется особенностями выполняемого в них технологического процесса, свойствами применяемых веществ и материалов, а также» [30] условиями их обработки. По взрывопожарной и пожарной опасности «помещения и здания подразделяются на 4 категории. Причинами возникновения пожара на СТО есть:

- нарушение технологического режима работы оборудования;
- самовозгорание некоторых материалов и веществ;
- неисправность электропроводки и приборов;
- короткое замыкание электрической сети;
- плохая подготовка оборудования к ремонту;
- разряд статического электричества.

Характеристика вещества и материалов тех, что находятся в помещении - горючие и трудно горящие жидкости, твердые горючие и трудно горящие материалы,» [2] вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом гореть.

«Пожарная безопасность обеспечивается мерами пожарной профилактики и активной пожарной защиты. Понятие пожарной профилактики включает комплекс мероприятий, необходимых для предупреждения возникновения пожара или уменьшение его последствий. Под активной пожарной защитой понимаются меры, которые обеспечивают успешную борьбу с возникающими или пожарами взрывоопасной ситуацией.» [28]

«Пожарная безопасность должна соответствовать всем нормам по пожарной безопасности ГОСТ 12.1.004-91 что предполагает:

- применение электрического оборудования, соответствующего требованиям ГОСТ 12.1.011;
- исключение перегрева технологического оборудования и контакт его с легковоспламеняющимися материалами;
- утилизация отработанных легковоспламеняющихся материалов;
- наличие установок пожаротушения (порошковые огнетушители);

- максимально возможным» [4] ограничением массы и (или) объема горючих веществ, материалов и наиболее безопасным способом их размещения.

Пожарные краны устанавливаются в» [43] «доступных и заметных местах в нишах на высоте 1,35 м, где также находится пожарный ствол с напорным рукавом из тканевого материала» [3] длиной 10-20 м.

«Выводы по разделу:

В разделе Безопасность и экологичность технического» [8] «объекта произведен анализ поста текущего ремонта по видам технических воздействий и типам операций. При этом были достигнуты следующие цели:

- зафиксированы вредные производственные факторы, которые имеют место на ремонтном участке,
- определены мероприятия по снижению вредных воздействий на окружающую среду и людей, а также мероприятия по созданию безопасных условий труда.
- определена категория пожароопасности – категория «Д», определено огнетушительное оборудование необходимое для производственного помещения,
- определены вредные воздействия на окружающую среду со стороны ремонтного производства и процесса эксплуатации устройства в составе оборудования,
- изучен вопрос по организации безопасности на производственном участке в случае возникновения ЧС или аварии» [3].

## **6 Экономический раздел дипломного проекта**

### **6.1 Техничко-экономическое обоснование объекта разработки дипломного проекта**

Техничко-экономическое обоснование является важной частью любого проекта, включая проектирование технического устройства в рамках дипломного проекта. Оно включает в себя анализ технической и экономической целесообразности выполняемого проекта. [45]

Объектом дипломного проектирования является новый тип испытательного стенда, который обладает уникальным функционалом и улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками. Разрабатываемый стенд представляет собой сложное техническое устройство, предназначенное для проведения ресурсных испытаний с целью улучшения его технических и эксплуатационных характеристик, а также функциональности. Проектируемый в рамках дипломного проекта стенд обладает новыми техническими возможностями, такими как эффективность работы, повышенная производительность, позволяющая уменьшить затраты на проведение испытаний, надежность и долговечность. Разрабатываемый в рамках дипломного проекта испытательный стенд дает возможность применения нового функционала, который включает дополнительные режимы работы, расширенные возможности управления процессом испытаний, интеграцию с другими системами и устройствами проведения процесса обкатки. Последующая разработка стенда может иметь потенциал для дальнейшего развития и модернизации, что сделает испытательные лаборатории, оснащенные данным техническим устройством, более конкурентоспособными на рынке. Таким образом, разработка и внедрение нового испытательного стенда с улучшенными характеристиками имеет потенциал для создания продукта, который будет выделяться на рынке



технической новизной и обладать привлекательностью как для пользователей, так и для эксплуатантов испытательных устройств.

Техническая целесообразность разработки нового вида конструкции продиктована требованиями, предъявляемым к современным образцам техники. Так, в конструкции стенда применены конструкторские решения, которые позволяют снизить вес конструкции, в первую очередь за счет применения более легких материалов и за счет конструкторских решений, позволяющих уменьшить массу детали без снижения ее прочностных характеристик. Также общий вес конструкции удалось уменьшить за счет более рациональной компоновки деталей. [15]

Расширение функционала испытательного стенда произведено за счет реализации в ходе конструкторской разработки функционала, ранее не применявшегося в данном типе устройств стендовых испытаний.

## **6.2 Расчет затрат и экономической эффективности**

В рамках раздела экономической эффективности дипломного проектирования требуется произвести расчет себестоимости конструкции стенда и расчет отпускной цены проектируемой конструкции. Расчет стоимости изготовления конструкции рассчитывается по формуле:

$$C = M + \Pi_{и} + Z_{осн} + Z_{доп} + СС + И_{цех} + И_{зав} + НР \quad (36)$$

где  $M$  – затраты на материалы конструкции стенда, руб.;

$\Pi_{и}$  – затраты на покупные стенда, используемые в конструкции, руб.;

$Z_{осн}$  – основная заработная плата рабочих, руб.;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата рабочих, руб.;

$CC$  – отчисления на социальное страхование,  $CC = 30\%$ ;

$И_{цех}$  – общецеховые издержки,  $И_{цех} = 85\%$ ;

$И_{зав}$  – общезаводские издержки,  $И_{зав} = 110\%$ ;

$НР$  – накладные расходы,  $НР = 7,5\%$ .

Выполним расчет затрат по каждой из статей расходов на изготовление проектируемой конструкции. Расчет затрат на материалы, используемые в конструкции стенда, рассчитаны в таблице 11. Расчет материальных затрат производится по формуле:

$$M = \sum_{i=1}^n M_n \cdot C_n + k_3 \sum_{i=1}^n M_n \cdot C_n \quad (37)$$

где  $M_n$  – количество материала, ед;

$C_n$  – цена материала за единицу, руб.;

$k_3$  – коэффициент затрат на транспортировку и доставку,  $k_3 = 0,15$

Таблица 11 – Расчет затрат на материалы

Наименование материала	Количество материала	Цена единицы материала, руб	Сумма, руб
Заготовка поковка	16	230,20	3683,20
Чугун литейный	35	180,00	6300,00
Грунтовка	3,5	150,00	525,00
Краска	4	725,00	2900,00
Круг сортовой Сталь 45, d = 120	10	125,00	1250,00
Круг сортовой Сталь 45, d = 40	12	120,00	1440,00
Круг горячекатанный, d = 25	12	120,00	1440,00
Круг, бронза	3	750,50	2251,50
Листовой металл, h = 6	8	110	880,00
Листовой металл, h = 2	18	110	1980,00
Литол	1	125	125,00
Трубный прокат, d = 25x20	10	300,00	3000,00
Швеллер гнутый	20	160	3200,00
Прочие	-	-	2500,00
ИТОГО			31 827,20
Транспортно-заготовительные расходы			4 774,08
ВСЕГО			35 501,28

Статья, учитывающая затраты на покупные стенда и полуфабрикаты, используемые в изготавливаемой конструкции, рассчитываются по формуле:

$$П_i = \sum_{i=1}^n П_{i_n} \cdot C_n + k_3 \sum_{i=1}^n П_{i_n} \cdot C_n \quad (38)$$

где  $\Pi_n$  – количество покупных изделий, ед;

$C_n$  – цена за единицу покупного станда, руб.;

$k_3$  – коэффициент затрат на транспортировку и доставку,  $k_3 = 0,1$

Для удобства проведения расчетов по затратам на закупку и доставку покупных изделий конструкции, сведем их в таблицу 12.

Таблица 12 – Расчет затрат на покупные станда

Наименование и вид покупного станда	Количество покупных изделий	Цена за единицу, руб	Сумма, руб
Болты М10	40	8,00	320,00
Болты М6х15	24	6,50	156,00
Болт фундаментный	4	350,00	1 400,00
Винты М10	50	10,00	500,00
Вал карданный	2	2 200,00	4 400,00
Выключатель автоматический	4	450,00	1 800,00
Датчик ЭИИ-35 ТУ 38769 - 85	2	3 500,00	7 000,00
Двигатель 4А160М6УЗ ГОСТ 19523-81	2	32 500,00	65 000,00
Кольцо стопорное	8	0,80	6,40
Кнопка пусковая	2	250,00	500,00
Лампа контрольная	4	85,00	340,00
Манжеты для гидравлических устройств по ГОСТ 14896-78 d = 52	6	125,00	750,00
Муфта МУВП ГОСТ 13254-75	2	780,00	1 560,00
Подшипник 305 ГОСТ 5720-75	8	750,00	6 000,00
Подшипник 302	6	550,00	3 300,00
Подшипник 46310 ГОСТ 8338-75	12	750,00	9 000,00
Пульт управления	1	11 200,00	11 200,00
Прочие	-	-	6 000,00
ИТОГО			153 232,40
Транспортно-заготовительные расходы			4 596,97
ВСЕГО			115 629,37

Наряду с затратами на материалы и покупные станда, при изготовлении новой конструкции предприятие несет издержки также на заработную плату,

как основную, так и дополнительную. Расчет заработной платы производится по формуле: [34]

$$Z_o = \sum_{i=1}^n (T_i \cdot C_{Ti} \cdot k_{чi} \cdot k_{пр}) \quad (39)$$

где  $T_i$  – трудоемкость выполнения  $i$ -той операции, чел-час;

$C_{Ti}$  – часовая тарифная ставка рабочего, занятого на выполнении  $i$ -той операции, руб.;

$k_{чi}$  – коэффициент доплат заработной платы до часового фонда работающих,  $k_{чi} = 1,05 \dots 1,15$ ;

$k_{пр}$  – коэффициент премирования,  $k_{пр} = 1,24$ .

Расчет основной заработной платы рабочих приводится в таблице 13.

Таблица 13 – Расчет основной заработной платы

Виды операций	Трудоемкость, чел-час	Часовая тарифная ставка, руб	Тарифная зарплата, руб
Литейная	18,00	210,30	4 050,38
Гибочная	12,50	210,30	2 812,76
Сварочная	10,50	210,30	2 362,72
Токарная	8,25	250,50	2 211,29
Фрезерная	16,00	250,50	4 288,56
Шлифовальная	6,00	250,50	1 608,21
Долбежная	4,50	210,30	1 012,59
Термическая	12,00	210,30	2 700,25
Сверлильная	8,00	185,25	1 585,74
Слесарная	12,50	185,25	2 477,72
Сборочная	22,50	185,25	4 459,89
Окрасочная	6,00	160,45	1 030,09
Испытательная	12,00	210,30	2 700,25
ИТОГО			33 300,46
Премииальные доплаты			7 992,11
Основная заработная плата			41 292,57

Наряду с основной заработной платой, рассчитывается размер дополнительной заработной платы. Дополнительная заработная плата – это переменная часть общей заработной платы, которая выплачивается рабочему, например за определенные условия труда и как определенная гарантия от работодателя. Расчет заработной платы производится по формуле:

$$З_{доп} = З_о \cdot k_{доп}, \quad (40)$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы,  $k_{доп} = 0,25$ .

$$З_{доп} = 41\,292,57 \cdot 0,25 = 10\,323,14 \text{ руб}$$

Отчисления в фонд социального страхования являются важным компонентом формирования фонда оплаты труда. В отличие от основной и дополнительной заработной платы, эта часть фонда оплаты труда не выплачивается работнику, а оплачивается работодателем в фонд социального страхования напрямую. Расчет величины отчислений в фонд социального страхования рассчитывается по формуле:

$$З_{ФСС} = (З_о + З_{доп}) \cdot 0,3 \quad (41)$$

$$З_{ФСС} = (41\,292,57 + 10\,323,14) \cdot 0,3 = 15\,484,71 \text{ руб}$$

Также предприятие несет издержки, связанные с ремонтом оборудования и его обслуживанием. Соответственно, эта статья затрат должна находить свое отношение в структуре себестоимости. Расчет затрат на содержание и эксплуатацию оборудования определяется как процент от затрат на основную заработную плату. В соответствии с принятой практикой

расчетов, принимаем для затрат на содержание и эксплуатацию 104% от затрат на основную заработную плату. Расчет производится по формуле:

$$P_{об} = Z_о \cdot 1,04 \quad (42)$$

$$P_{об} = 41\,292,57 \cdot 1,04 = 42\,944,27 \text{ руб}$$

Общехозяйственные расходы – это расходы по цеху, занятого в производственном процессе. Как правило, это расходы, связанные с поддержанием работоспособности цеха, транспортировкой и технологическими перемещениями внутри цеха и заработную плату вспомогательного персонала. Расчет общехозяйственных расходов производится как процент от затрат на основную заработную плату. В соответствии с принятой практикой расчетов, принимаем для затрат на общехозяйственные расходы 25% от затрат на основную заработную плату. Расчет производится по формуле: [40]

$$P_{ох} = Z_о \cdot 0,25 \quad (43)$$

$$P_{ох} = 41\,292,57 \cdot 0,25 = 10\,323,14 \text{ руб}$$

Общепроизводственные расходы – это расходы предприятия, связанные с выпуском продукции и осуществлением хозяйственной и коммерческой деятельности. Как правило, общепроизводственные расходы включают в себя комплекс расходов, связанных с функционированием предприятия, включая затраты на заработную плату инженерно-технического и административно-управленческого персонала. В соответствии с принятой практикой расчетов, принимаем для затрат на общепроизводственные расходы 30% от затрат на основную заработную плату. Расчет производится по формуле:

$$P_{оп} = 3_о \cdot 0,30 \quad (44)$$

$$P_{оп} = 41\,292,57 \cdot 0,30 = 12\,387,77 \text{ руб}$$

Сведение всех статей расходов в общую сумму, даст величину производственной себестоимости продукции. Это затраты предприятия на производство продукции. Добавление к производственной себестоимости внепроизводственных расходов, связанных с продвижением продукции на рынке, позволит рассчитать величину полной себестоимости. Для простоты и удобства восприятия, все статьи расходов сведем в таблицу 14.

Таблица 14 – Расчет себестоимости конструкции

Наименование статьи затрат	Сумма, руб	%
Затраты на материалы	2 875,00	0,95%
Затраты на покупные станда	157 829,37	52,22%
Зарплата основная	41 292,57	13,66%
Зарплата дополнительная	10 323,14	3,42%
Отчисления на соцстрах	15 484,71	5,12%
Расходы на содержание оборудования	42 944,27	14,21%
Общепроизводственные расходы	10 323,14	3,42%
Общехозяйственные расходы	12 387,77	4,10%
Производственная себестоимость	293 459,98	97,09%
Внепроизводственные расходы	8 803,80	2,91%
Полная себестоимость	302 263,78	100,00%

Расчет полной себестоимости дает возможность выполнить расчет цены станда и определить экономический эффект от их внедрения. Расчет

цены и оценка экономического эффекта будет произведен в соответствующем подразделе экономического раздела дипломного проекта.

### **6.3 Расчет экономического эффекта от разработанной конструкции**

Экономический эффект от разработки новой конструкции является комплексным показателем, свидетельствующим об общей успешности разработанной конструкции. Экономический эффект выражается в получении дополнительной прибыли от увеличения отпускной цены. Отчасти это может объясняться большими затратами на изготовление конструкции, а отчасти повышенным спросом со стороны потребителя на разработанную конструкцию, что объясняется лучшими эксплуатационными показателями. [35]

Для определения экономического эффекта необходимо рассчитать отпускную цену на разработанное изделие. В отпускную цену включается прибыль, которую предприятие предполагает получить от продажи станда, а также налог на добавленную стоимость (НДС). Предполагается уровень рентабельности на уровне 15%, а НДС 20%. Расчет производится по формуле:

$$Ци = Сп + Сп \cdot 0,15 + Сп \cdot 0,20 \quad (45)$$

$$Ци = 302\,263,78 + 302\,263,78 \cdot 0,15 + 302\,263,78 \cdot 0,20 = 108056,10$$

Принимаем отпускную цену  $Ци = 125\,000$  руб. Как было отмечено ранее, экономический эффект будет достигнут за счет увеличения цены для конечного потребителя, за счет чего и будет получена прибыль предприятия. Расчет производится по формуле:



$$\mathcal{E} = C_{\text{и}} - C \quad (46)$$

где  $C$  – средняя цена стенда до модернизации, руб

В соответствии с произведенным анализом, выявлена цена на изделие на рынке у разных продавцов. Анализ средней стоимости приведен в таблице 15.

Таблица 15 – Расчет средней цены стенда

Наименование фирмы	Цена стенда, руб
ООО «Авангард», Грозный	160 000
ООО «РемтехКомплект», Бузулук	175 000
ООО «Аверс», Тольятти	150 000
Средняя цена по компаниям	163 333

Исходя из определенной средней цены, выполним расчет экономического эффекта для одного стенда.

$$\mathcal{E} = 433350 - 381\,333 = 43667,00 \text{ руб}$$

Предполагается объем реализации в количестве не менее 50 изделий. Тогда годовой экономический эффект составит:

$$\mathcal{E}_{\text{г}} = \mathcal{E} \cdot N \quad (47)$$

где  $N$  – объем реализации продукции, ед.

$$\mathcal{E}_{\text{г}} = 43667,00 \cdot 50 = 2373450 \text{ руб}$$

Рассчитанный экономический эффект можно использовать при более детальной проработке эффективности внедрения стенда, которое позволит рассчитать срок окупаемости проекта, социальный эффект и ряд иных показателей, которые лежат вне рамок выполнения экономического раздела выпускной квалификационной работы.

Результатом выполнения экономического раздела выпускной квалификационной работы явился расчет стоимости изготовления конструкции нового вида и определения величины экономического эффекта.

Объектом дипломного проектирования является новый тип испытательного стенда, который обладает уникальным функционалом и улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками. Разрабатываемый стенд представляет собой сложное техническое устройство, предназначенное для проведения ресурсных испытаний с целью улучшения его технических и эксплуатационных характеристик, а также функциональности. Разработанный в рамках дипломного проекта испытательный стенд дает возможность применения нового функционала, который включает дополнительные режимы работы, расширенные возможности управления процессом испытаний, интеграцию с другими системами и устройствами проведения процесса обкатки. Последующая разработка стенда может иметь потенциал для дальнейшего развития и модернизации, что сделает испытательные лаборатории, оснащенные данным техническим устройством, более конкурентоспособными на рынке. Таким образом, разработка и внедрение нового испытательного стенда с улучшенными характеристиками имеет потенциал для создания продукта, который будет выделяться на рынке технической новизной и обладать привлекательностью как для пользователей, так и для эксплуатантов испытательных устройств. [4]

Расчет полной себестоимости дает возможность выполнить расчет цены стенда и определить экономический эффект от их внедрения. Расчет цены и оценка экономического эффекта будет произведен в

соответствующем подразделе экономического раздела дипломного проекта. В результате произведенных расчетов определена себестоимость стенда,  $Сп = 302\ 263,78$  руб. Определение себестоимости позволило рассчитать отпускную цену на разработанное изделие. В отпускную цену включается прибыль, которую предприятие предполагает получить от продажи стенда, а также налог на добавленную стоимость (НДС). Принимаем отпускную цену  $Ци = 126\ 000$  руб.

Экономический эффект от разработки новой конструкции является комплексным показателем, свидетельствующим об общей успешности разработанной конструкции. Экономический эффект выражается в получении дополнительной прибыли от увеличения отпускной цены. Отчасти это может объясняться большими затратами на изготовление конструкции, а отчасти повышенным спросом со стороны потребителя на разработанную конструкцию, что объясняется лучшими эксплуатационными показателями. Предполагается объём реализации в количестве не менее 50 изделий. Тогда годовой экономический эффект составит,  $Эг = 2373450$  руб.

Вывод:

Рассчитанный экономический эффект можно использовать при более детальной проработке эффективности внедрения стенда, которое позволит рассчитать срок окупаемости проекта, социальный эффект и ряд иных показателей, которые лежат вне рамок выполнения экономического раздела выпускной квалификационной работы. На основании всего вышеизложенного, можно сделать вывод о выполнении задач, поставленных в рамках выполнения экономического раздела.

## Заключение

«В дипломном проекте на тему «Стенд для испытаний элементов топливной системы легковых автомобилей», проведены технологические расчеты конструктивных элементов, анализ и выбор составных частей устройства, как производимых самостоятельно, так и закупочных.»[17] При проектировании автомобилей с приводом на передние колеса, для обеспечения силы тяги по сцеплению ведущих колес с дорогой обычно нагрузку на передние колеса в статическом состоянии принимают больше, чем на задние. С увеличением нагрузки на передние колеса улучшается сцепление колес»[1] с дорогой, но возникает некоторая перегрузка передних колес при движении по горизонтальной дороге.

В качестве оцениваемых параметров, характеризующих способность автомобиля двигаться на подъем, рассмотрена зависимость скорости движения от угла подъема и максимального угла подъема дороги, по которой может двигаться автомобиль с установившейся скоростью на низшей передаче. Свойства автомобиля двигаться на подъем определяются силой  $P_K$  тяги, выражаемой через момент двигателя.

Разрабатываемый в рамках дипломного проекта стенд дает возможность применения нового функционала, который включает дополнительные режимы работы, расширенные возможности управления процессом испытаний, интеграцию с другими системами и устройствами проведения процесса обкатки. Последующая разработка стенда может иметь потенциал для дальнейшего развития и модернизации, что сделает испытательные лаборатории, оснащенные данным техническим устройством, более конкурентоспособными на рынке.

«Разработанный в рамках экспериментального производства технологический процесс для устройства проверки и очистки форсунок, может быть использован в практической деятельности лаборатории.» [13, 18]

## Список используемых источников

- 1 Аринин И. Н. и др.. Техническое диагностирование автомобилей / И. Н. Аринин. – Ф.: «Кыргызстан», 1978. – 164 с.
- 2 Анурьев В.И. Справочник конструктора – машиностроителя: В 3т. Т.1. – М: Машиностроение, 2001. – 920 с.
- 3 Арустамов Э. А. Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие. Электронный вариант. М.: «Дашков и К°», 2002. 619 с.
- 4 Беляев В. М. Автомобили: Испытания: учебное пособие для вузов / В. М. Беляев, М. С. Высоцкий, Л. Х. Гилелес. – Минск: Высшая школа, 1991. – 187 с.
- 5 Бойко А. В. Совершенствование методов диагностики тормозных систем автомобилей в условиях эксплуатации на силовых стендах с беговыми барабанами: дис. канд. техн. наук: 05.22.10: защищена 25.06.08/ Бойко Александр Владимирович. - Иркутск, 2008. – 217 с.
- 6 Борц А. Д. Диагностика технического состояния автомобиля / А. Д. Норц, Я. К. Закин, Ю. В. Иванов. – М.: Транспорт, 1979. – 160 с.
- 7 Бродский В. В. – М: Наука, 1976. – 224 с.
- 8 Бухарин Н. А. Тормозные системы автомобилей / И. А. Бухарин. – М.-Л.: Машгиз, Ленинградское отд-ние, 1950. – 292 с.
- 9 Вахламов В.К. Автомобили: Эксплуатационные свойства: Учебник для студентов высших учебных заведений – М.: Издательский центр «Академия», 2005 – 240 с.
- 10 Веденяпин Г.В. Эксплуатация машинно-тракторного парка / Г. В. Веденяпин, Ю. К. Киртбая, М. П. Сергеев. – М.: Колос, 1968. – 342 с.
- 11 Веденяпин Г. М. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г. М. Веденяпин. - Изд. 3-е, перераб. и доп. -М.: Колос, 1973. – 195 с.
- 12 Величко А. В. Анализ процесса торможения автотранспортного средства / А. В. Величко // Транспортные средства Сибири: Материалы

межвузовской научно-практической конференции. – Красноярск: КГТУ, 1995. – с. 83-89

13 Верзаков Г. Ф. Введение в техническую диагностику / Г. Ф. Верзаков, Н. В. Кипшт, В. И. Рабинович, Л. С. Тимонеи. – М.: Энергия. 1968. – 219 с.

14 Генбом Б.Б. Вопросы динамики торможения и теории рабочих процессов тормозных систем автомобилей / Б. Б. Генбом. - Львов: Вища школа, 1974. – 234 с.

15 Гернер В.С. Исследование режимов контроля эффективности действия тормозных механизмов: дис. канд. техн. наук/ В. С. Гернер. - Харьков, 1970. – 153 с.

16 Говорущенко Н. Я. Диагностика технического состояния автомобилей. – М. Транспорт. 1970.

17 Говорущенко Н. Я. Диагностика технического состояния автомобилей / Н. Я. Говорущенко. – М.: Транспорт, 1970. – 254 с.

18 Горлатов С.Е. Теория эксплуатационных свойств автомобиля: Методические указания к курсовой работе. – Оренбург: ОГУ, 2002 – 28 с.

19 ГОСТ Р 52302–2004. Автотранспортные средства. Устойчивость и управляемость. Технические требования. Методы испытания. – М. : Изд-во стандартов, 2005.

20 Грачев Ю. П. Математические методы планирования эксперимента / Ю. Л. Грачев. – М., 1979. – 195 с.

21 Гредескул А. Б. Динамика торможения автомобиля: дис. ... докт. техн. наук / А. Б. Гредескул. – Харьков, 1963. – 271 с.

22 Гришкевич А. И. Автомобили. Теория. Учебник для вузов / А. И. Гришкевич. – Мн.: Высш. шк., 1986. – 208 с.

23 Гуревич Л. В., Тормозное управление автомобиля / Л. В. Гуревич, Р. А. Меламуд. – М.: Транспорт, 1978. – 152 с.

24 Гурьянов С. И. Повышение точности диагностирования тормозных свойств автопоездов на стенде / С. И. Гурьянов. // Диагностика автомобилей:

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

25 Дик А. Б. Описание характеристик проскальзывания тормозящего колеса / А. Б. Дик // Надежность и активная безопасность автомобиля : сб. науч. тр. / МАМИ. – М, 1985. – с. 205-216.

26 Димов Н. Н. Оценка возможности воспроизведения реальных режимов торможения автомобиля на стендах с беговыми барабанами : автореферат / Н. Н. Димов. - Харьков, 1987. – 20 с.

27 Динамика системы дорога-шина-автомобиль-водитель / А. А. Хачатуров [и др.]; под ред. А. А. Хачатурова. – М.: Машиностроение, 1976. – 535 с.

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

29 Енаев А. А. Основы теории колебаний автомобиля при торможении и ее приложения. – М.: Машиностроение, 2002. – 341 с.

30 Ечеистов Ю. А. Неустановившееся торможение автомобильного колеса / Ю. А. Ечеистов, В. В. Бернацкий // Безопасность и надежность автомобиля : сб. науч. тр. – М: МАМИ, 1981. – с. 16-23.

31 Краткий автомобильный справочник./НИИАТ. М. Транспорт, 1988 – 224 с.

32 Конструкция автомобиля. Шасси : учеб. для вузов / под ред. А. Л. Карунина. – М. : МГТУ МАМИ, 2000. – 528 с.

33 Лысов М.И. «Рулевые управления автомобилей» – М.: «Машиностроение», 1972 г.

34 Ниргер И. А. Техническая диагностика / И. А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 239 с.

35 Проектирование полноприводных колесных машин: В 2т. Т.2. учебник для вузов; Под общей редакцией А. А. Полунгяна.- М:Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 640 с.

- 36 Раймпель Й. Шасси автомобиля: Рулевое управление/Пер. с нем. В.Н. Пальянова; Под ред. А. А. Гальбрейха.- М.: Машиностроение, 1987. – 232 с.
- 37 Стенды тормозные силовые «СТС». Руководство по эксплуатации 10У. 14.00.00.000. - Великий Новгород, 2007. – с. 52.
- 38 Теория автомобиля и автомобильного двигателя: М.Д. Артомонов, В.В. Илларионов, М.М. Морин. М., Машиностроение, 1968 – 283 с.
- 39 Фалькевич Б.С. Теория автомобиля. М.: Машгиз, 1963 – 263 с.
- 40 Феодосьев В.И. «Сопротивление материалов». – М: Наука, 1986. – 512 с.
- 41 Чудаков Е.А. Теория автомобиля. – М.: Машгиз, 1950 – 384 с
- 42 Gethoffen H. Einsatz von Mikroprozessoren in der Nachrichtentechnik. Mikroprozessoren und ihre Anwendungen. / H. Gethoffen // Hrsg. von W. Hiibert und R. Piloty. Munchen, Wien, R. Oldenbourg Verlag, 1977.
- 43 Johnson M. Statistics and experiment planning in engineering and science/ M. Johnson, F. M. Lyon. – Mir, 1981. – 610 p.
- 44 Lange F. H. Signale und Systeme / F. H. Lange. - Bd. 1,2. - Berlin: VEB Verlag Technik, 1975.
- 45 Pacejka H.B. Some recent investigations into dynamics and frictional behavior of pneumatic tires / H.B. Pacejka// Phys. Tire tract: Theory and Exp. - New - York - London, 1974.
- 46 Rabiner R. Theory and Application of Digital Signal Processing / R. Rabiner, B. Gold. -New York, Prentice-Hall, Inc. Englcwood Cliffs, 1975.



# Приложение А

## Спецификация

Формат Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание
			<u>Документация</u>		
A1		24.ДП.ПЭА.178.00.000СБ	Сборочный чертеж		
A4		24.ДП.ПЭА.178.00.000ПЗ	Пояснительная записка		
			<u>Детали</u>		
Справ. №	1	11180-1144010-00	Рампа форсунок	1	
	2	11180-1132010-00	Форсунка	4	
	3	21110-3724036-00	Жгут проводов форсунок	1	
	4	24.ДП.ПЭА.178.00.004	Магистраль топливоподачи	1	
	5	21230-1117010-00	Фильтр топливный	1	
	6	24.ДП.ПЭА.178.ПЭА.00.006	Мерный цилиндр	4	
	7	24.ДП.ПЭА.178.ПЭА.00.007	Пробка заливного отверстия	1	
	8	21101-1139009-00	Электробензонасос	1	
	9	24.ДП.ПЭА.178.00.009	Бак	1	
	10	24.ДП.ПЭА.178.00.010	Пульт управления	1	
	11	24.ДП.ПЭА.178.00.011	Кнопка включения форсунок	1	
	12	24.ДП.ПЭА.178.00.012	Кнопка включения насоса	1	
	13	21030-3806010-00	Указатель уровня топлива	1	
	14	21103-1101178-00	Кольцо прижимное	1	
	15	24.ДП.ПЭА.178.00.015	Магистраль топливоподачи	1	
	16	24.ДП.ПЭА.178.00.016	Гнездо для подключения питания	1	
	17	24.ДП.ПЭА.178.00.017	Жгут проводов	1	
	18	24.ДП.ПЭА.178.00.018	Магистраль топливоподачи	1	
	19	24.ДП.ПЭА.178.00.019	Планка	1	
	20	24.ДП.ПЭА.178.00.020	Хомут	1	
	21	24.ДП.ПЭА.178.00.021	Выключатель питания	1	
<b>24.ДП.ПЭА.178.61.000</b>					
Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата	
Разраб.	Надеждин				
Проб.	Турбин				
Н.контр.	Турбин				
Утв.	Бобайский				
<b>Стенд диагностический топливной аппаратуры</b>				Лит.	Лист
					1
				Листов 2	
				ТГУ, ИМ, гр. АТс-1901а	
Копировал				Формат А4	

Рисунок А.1 – Спецификация на стенд диагностический топливной аппаратуры

