

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 Разработка стенда тягово-динамических качеств легковых  
автомобилей

Студент

А.А. Трушников

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. пед. наук, доцент Угарова Л.А.

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

Консультанты

доцент И.В. Дерябин

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

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярова

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

ст. преподаватель О.А. Головач

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

Тольятти 2022

## Аннотация

Тема дипломного проекта «Разработка стенда тягово-динамических качеств легковых автомобилей». Актуальность темы обусловлена ростом спроса на легковые автомобили. Транспортные средства нужно разрабатывать, а значит, нужны стенды для испытания стенда тягово-динамических качеств легковых автомобилей. Стенды этого типа могут применяться как в испытательных лабораториях, так и на станциях технического обслуживания автомобилей в качестве диагностического стенда.

Структура дипломной работы представлена пятью главами, оглавлением, введением, заключением, списком литературы, включающий иностранные источники и приложениями. В расчетно-пояснительной записке работа иллюстрирована рисунками, основные расчеты и данные сведены в таблицы.

Ключевым значением проекта является разработка стенда для испытания тягово-динамических качеств легковых автомобилей, обладающего высокими техническими и эксплуатационными характеристиками.

Целью проекта является разработка конструкции стенда на уровне рабочего проекта, разработка кинематической и электрической схемы стенда и разработка технологического процесса проведения диагностических работ на разрабатываемом стенде.

Дипломная работа логически разбита на пять глав, связанных между собой. В первой главе дипломного проекта был произведен анализ конструкции испытательных стендов, включая стенды тяговых качеств иностранного производства.

Во второй главе сформулированы техническое задание и техническое предложение на разработку конструкции стенда. Выполнен расчет отдельных узлов и деталей, силовые и прочностные расчеты конструкции стенда, а также отдельных элементов схемы.

В третьей главе дипломного проекта была разработана технология и сформирована технологическая карта на проведение испытания стенда тяговых качеств. Разработана технологическая схема сборки стенда.

В четвертой главе, посвященной безопасности жизнедеятельности, был выполнен анализ безопасности при проведении испытательных работ. Выявлены опасные и вредные производственные факторы и предложены пути их нейтрализации.

В пятой главе дипломного проекта выполнен расчет себестоимости проведения работ по изготовлению и сборке стенда.

Результаты проведенной работы представлены в расчетно-пояснительной записке и на девяти листах графической части.

## **Abstract**

The theme of the graduation project is "Development of a stand for traction and dynamic qualities of cars." The relevance of the topic is due to the growth in demand for cars. Vehicles need to be developed, which means that stands are needed to test the stand for the traction and dynamic qualities of cars. Stands of this type can be used both in testing laboratories and at car service stations as a diagnostic stand.

The structure of the thesis is represented by five chapters, a table of contents, an introduction, a conclusion, a list of references, including foreign sources and applications. In the settlement and explanatory note, the work is illustrated with figures, the main calculations and data are summarized in tables.

The diploma work is logically divided into five chapters, interconnected. In the first chapter of the graduation project, an analysis is made of the design of test stands, including stands of traction qualities of foreign production.

In the second chapter, the terms of reference and technical proposal for the development of the design of the stand are formulated. The calculation of individual components and parts, power and strength calculations of the stand structure, as well as individual elements of the circuit are performed.

In the third chapter of the graduation project, a technology is developed and a technological map is formed for testing the traction stand.

In the fourth chapter, devoted to life safety, a safety analysis is performed during testing.

In the fifth chapter of the graduation project, the calculation of the cost of carrying out work on the manufacture and assembly of the stand is carried out.

The results of the work carried out are presented in the settlement and explanatory note and on nine sheets of the graphic part.

## Содержание

Введение .....	6
1 Анализ конструкции и обоснование выбора конструктивной схемы стенда тяговых качеств .....	9
2 Разработка конструкции стенда тягово-динамических качеств легковых автомобилей .....	17
2.1 Тяговый расчёт автомобиля .....	17
2.2 Расчет стенда тягово-динамических качеств легковых автомобилей ...	39
2.2.1 Техническое задание на разработку стенда тягово-динамических качеств легковых автомобилей .....	39
2.2.2 Техническое предложение на разработку стенда тягово- динамических качеств легковых автомобилей .....	40
2.2.3 Основные требования, предъявляемые к конструкции .....	43
2.2.4 Расчет основных параметров стенда тягово-динамических качеств легковых автомобилей .....	44
3 Разработка технологического процесса проверки тягово-динамических качеств автомобиля .....	53
3.1 Параметры проверки состояния ДВС и трансмиссии и конструктивные особенности стендов .....	53
4 Охрана труда и безопасность объекта проектирования .....	62
4.1 Характеристика объекта проектирования (технологического процесса сборочных работ) .....	62
4.2 Идентификация профессиональных рисков .....	62
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков .....	67
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....	70
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта .....	72
4.6 Меры безопасности при эксплуатации стенда для испытания автомобилей .....	73
5 Экономический раздел дипломного проекта .....	75

5.1 Анализ объекта дипломного проектирования .....	75
5.2 Исходные данные для расчета .....	75
5.3 Расчет затрат на материалы .....	76
5.4 Расчет затрат на покупные изделия и полуфабрикаты .....	77
5.5 Расчет затрат на заработную плату .....	78
Заключение .....	81
Список используемых источников .....	82

## Введение

Современные реалии диктуют новые подходы в организации работ на всех уровнях. Все больше и больше используется транспортных средств, как находящихся в индивидуальной эксплуатации, так и работающей в различных сервисных организациях. В первую очередь это касается техники, используемой в такси и на курьерской доставке продуктов питания и товаров народного потребления. Соответственно, необходимо создание новых видов техники, способных работать в условиях длительных постоянных нагрузок, характерных для эксплуатации автомобиля в городском цикле.

Поэтому, перед автомобильными производителями встает вопрос о создании силового агрегата, который не обладает выдающимися мощностными и динамическими характеристиками, но при этом способен работать длительное время при постоянных силовых и мощностных нагрузках. Такие двигатели, как правило, проектируются средней форсировки, способны к длительной работе на средних оборотах и отличаются низким потреблением топлива, что делает их пригодными для работы именно в транспортных средствах, эксплуатируемых в таксомоторных парках и в сервисных предприятиях, специализирующихся на оказании курьерских услуг.

Следовательно, требуется проведение тяговых мощностных испытаний транспортных средств, которые выявили бы возможные конструктивные недостатки силовых агрегатов и возможные особенности эксплуатации спроектированных силовых агрегатов. А значит, требуется создание стенда испытания автомобилей тягово-мощностных характеристик.

При эксплуатации транспортных средств возникает необходимость проведения работ, связанных с технической приемкой и поверкой силовых агрегатов транспортных средств. Силовые агрегаты являются сложными техническими изделиями, которые нуждаются в проведении испытаний

прежде, чем могут быть запущены в серию. Стенды должны не просто в течении короткого времени регистрировать значение мощности и крутящего момента на колесах, но и создавать нагрузку на колесах для имитации движения автомобиля под нагрузкой в течении длительного времени. Во время испытания требуется регистрация параметров мощности и крутящего момента, чтобы отслеживать режимы работы двигателя и потери в трансмиссии во время эксплуатации автомобиля.

Создание подобного стенда для проведения испытаний необходимо для специализированных испытательных лаборатории и научных центров. Для лабораторий подобное необходимо в рамках проведения испытаний при поверке и сертификации двигателей внутреннего сгорания. Для научных центров подобное оборудование может быть использовано при проведении исследовательских работ по новым типам конструкции двигателей или их систем.

Подобное оборудование не предназначено для широкого использования на предприятиях автомобильного транспорта, однако при модернизации может быть использовано в качестве диагностического на станциях технического обслуживания. В процессе поиска будут изучены образцы техники, которая используется для проведения аналогичных испытаний, откуда будут взяты технические решения, которые в дальнейшем будут использованы в разрабатываемой конструкции.



## **1 Анализ конструкции и обоснование выбора конструктивной схемы стенда тяговых качеств**

Проведение конструкторских работ по стенду тяговых качеств требует проведения анализа по имеющимся образцам техники, которая имеет аналогичное назначение. В результате анализа необходимо выявить конструкторские особенности различных стендов, определить преимущества и недостатки каждого из них и оценить возможность использования этих технических решений в конструкции разрабатываемого стенда тяговых характеристик легкового автомобиля.

Для этого проведем исследование конструкторского уровня стендов аналогичного назначения и технических характеристик. Необходимо рассмотреть различные конструкции стендов, производимых промышленностью и конструкции стендов, существующих в виде описаний изобретений к патентам.

В результате анализа был обнаружен ряд промышленных аналогов.

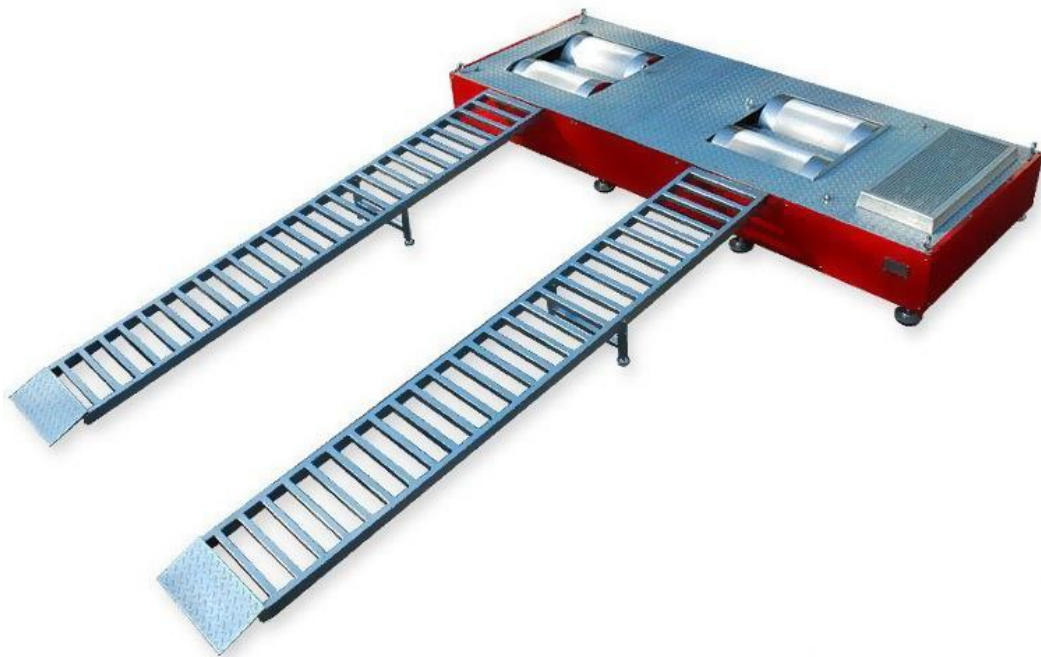


Рисунок 1 – Стенд динамический VT2/B1

На рисунке 1 представлен динамический стенд VT2/B1, предназначенный для диагностирования тягово-динамических качеств автомобилей полной массой до 3,5 тонн.

Стенд имеет следующие технические характеристики.

«VT2/B2 – одноосный, с двумя электромагнитными тормозами, 700 kW. Стандартные размеры: 120 см × 330 см × 50-60 см; с длиной подъездов 300 см.

В стандартную комплектацию мобильного стенда входит: переносной автомобильный стенд, подъезды к нему, панель управления, контроллер. Вес одноосного варианта около 1200 кг.» [7]

На рисунке 2 представлен стенд диагностики мощностных характеристик МАНА LPS 3000.



Рисунок 2 – Роликовый мощный стенд МАНА LPS 3000

Стенд предназначен для выполнения следующих видов диагностических работ:

- «оценка мощностных и моментных характеристик двигателя автомобиля и мотоцикла;

- расчет мощности двигателя по DIN70020, EEC80/1269, ISO1585, JIS D 1001, SAE J 1349;
- таймер измерения ускорения в заданном интервале скоростей;
- тест спидометра на точность;
- экологические показатели работы двигателя под нагрузкой;
- ездые циклы различных стандартов для выполнения норм токсичности;
- моделирование различных видов нагрузки на автомобиль и мотоцикл: движение с постоянной скоростью на различных положениях дроссельной заслонки, фиксирование постоянных оборотов двигателя на различных положениях дроссельной заслонки и движение с постоянным сопротивлением в зависимости от параметров автомобиля и характера движения;

Стенд диагностический МАНА LPS 3000 отвечает требованиям международного стандарта качества ISO 9001 и соответствует требованиям нормативных документов ГОСТ Р 51151-98 и ГОСТ 51522-99.» [7]

Характеристики стенда представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики стенда диагностического МАНА LPS 3000

Характеристика	Значение
Максимальная частота вращения двигателя	11000 об/мин
Максимальная скорость движения автомобиля	260 км/ч
Наименьший диаметр колеса	12 дюймов
Максимальная нагрузка на ось	2500 кг
Максимальная мощность измерения	400 л.с.(290 кВт)
Максимальный момент измерения	800 Нм

Еще один аналог промышленного аналога стенда диагностирования тягово-динамических характеристик представлен на рисунке 3. Это стенд определения мощности Superflow 880AWD.



Рисунок 3 – Мощностной стенд Superflow 880AWD

Мощностной стенд Superflow 880AWD – это мощностной стенд инерционного типа. Нагрузку в стенде для испытуемого автомобиля создает блок инерционных масс. Технические характеристики стенда:

- «роликовый стенд с двойными роликами диаметра 10.7” (27.2 см);
- ширина колеи 97” (246 см) (ведущие ролики имеют рифленую поверхность);
- нагрузочная способность при испытании 7700 фунт/ось (3493 кг/ось);
- нагрузочная способность при перегрузках 11000 фунт/ось (4990 кг/ось);

- пиковая мощность, поглощаемая при максимальной скорости роликов по окончании 10 минут - 650+ л.с. (447 кВт);
- мощность после 10 минут работы 350 л.с. (261 кВт);
- максимальная скорость 150 миль/час (241 км/час);
- базовая инерция системы 770 фунтов (350 кг);
- отдельные роликовые тормоза с безопасной блокировкой;
- автоматический пневматический подъемник с блокировкой роликов для съезда;
- двунаправленное вращение.» [5]

На рисунке 4 представлен еще один аналог, производимый промышленно. Это стенд SJ DYNO для диагностирования легковых автомобилей и микроавтобусов полной массой до 3,5 тонн.



Рисунок 4 – Стенд SJ DYNO

«Стенд позволяет работать с автомобилями мощностью до 2000 л.с. и крутящим моментом до 5000 Н·м. Максимально допустимая скорость авто на стенде до 280 км/ч.

Стенд установлен в уровень с полом, это делает заезд и выезд автомобилей со спорт-обвесами либо использующих низкие спортивные подвески очень удобным, а также упрощает монтаж и демонтаж ремней безопасности. При установке автомобиля на стенд используется суммарно 8 ремней безопасности (по 4 спереди и сзади), каждый из которых способен держать груз в 1700 кг, что делает абсолютно невозможным вылет авто со стенда во время работы.» [5]

Вместе с промышленными аналогами в ходе анализа конструкций были рассмотрены стенды, описанные патентами. Анализ конструкций подобного рода позволяет выявить возможные технические решения, которые не применялись в существующих промышленных образцах ввиду недостаточного уровня развития техники и технологии на момент публикации изобретения. Рассмотрим некоторые из них. Первым таким образцом будет являться стенд для испытания транспортных средств по а.с. № 1573374, представленный на рисунке 5.

«На основании 1 шарнирно установлены тормозные беговые барабаны 2 и 3, кинематически соединенные первой 4 и второй 5 управляемыми муфтами с приводными двигателями 6 и 7; ведущие беговые барабаны 8 и 9, кинематически соединенные между собой третьей управляемой муфтой 10. Между ведущими 8 и 9 и тормозными 2 и 3 беговыми барабанами последовательно размещены опорные 13 и 14 и дополнительные опорные 15 и 16 беговые барабаны, шарнирно установленные на основании 1. С дополнительными опорными беговыми барабанами 15 и 16 кинематически соединены датчики 17 и 18 частоты вращения. С внешней стороны относительно тормозных беговых барабанов 2 и 3 на основании 1 шарнирно установлены ходовые беговые барабаны 19 и 20, имеющие возможность осевого перемещения

относительно основания 1 и связанные с датчиками перемещения (не показаны).» [7]

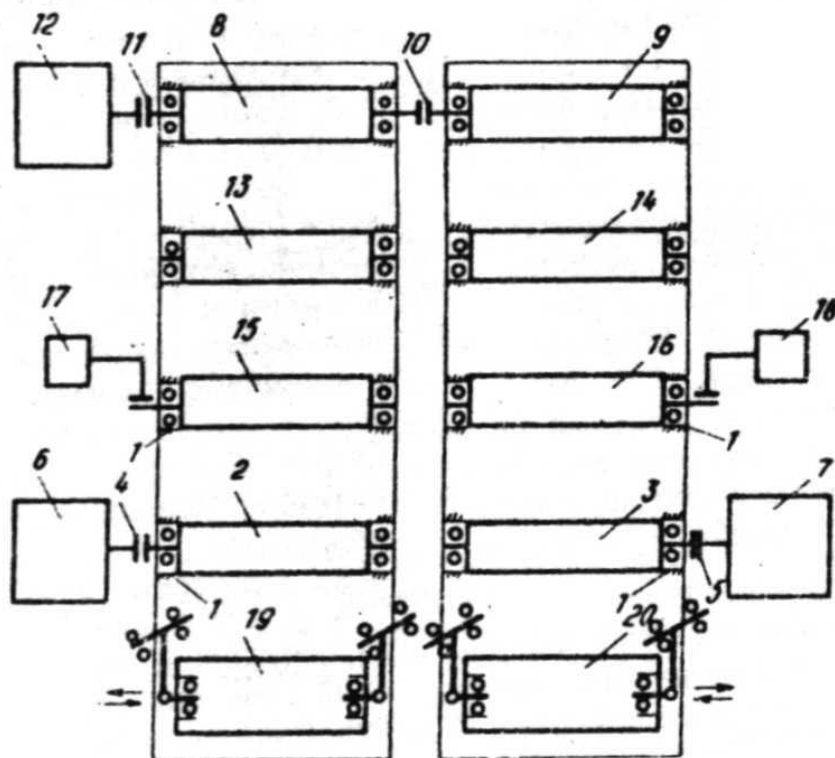


Рисунок 5 – Стенд для испытания транспортных средств по авторскому свидетельству № 1573374

«При диагностировании ходовых качеств транспортного средства его передние управляемые колеса устанавливают на ходовые беговые барабаны 19 и 20 и тормозные беговые барабаны 2 и 3. Колеса приводятся во вращение от приводных двигателей 6 и 7 через первую 4 и вторую 5 управляемые муфты, и по величине осевого перемещения ходовых беговых барабанов 19 и 20 под действием боковых сил оценивают ходовые качества транспортного средства. При диагностировании тормозных качеств транспортного средства его устанавливают поочередно колесами переднего, среднего и заднего мостов на тормозные 2 и 3 и дополнительные опорные беговые барабаны 15 и 16 и при

включенных приводных двигателях 6 и 7 и управляемых муфтах 4 и 5 определяют тормозные качества. Датчики 17 и 18 частоты вращения подают сигнал на отключение приводных двигателей 6 и 7 при заданном значении буксования. При проверке тяговых качеств транспортного средства его устанавливают колесами заднего моста на тормозные 2 и 3 и дополнительные опорные 15 и 16 беговые барабаны, а колесами среднего моста на ведущие 8 и 9 беговые барабаны. Отключают управляемые муфты 4 и 5 для обеспечения свободного вращения колес заднего моста при испытании, а тяговые усилия и мощность поглощаются тормозом 12.» [5]

Еще одной конструкцией, обнаруженной в ходе выполнения поиска аналогов будет являться стенд для испытания транспортных средств по а.с. № 375515, представленный на рисунке 6

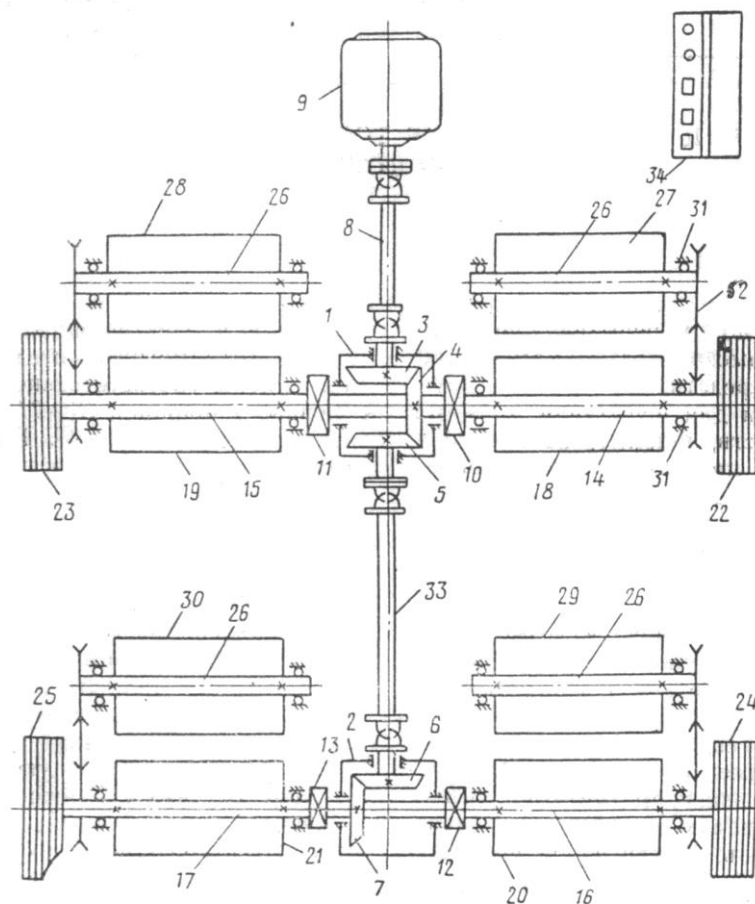


Рисунок 6 - Стенд для испытания транспортных средств по авторскому свидетельству № 3755157



«Стенд состоит из двух одинаковых секций для установки на них колес правого и левого бортов транспортного средства. Каждая секция состоит из рамы 1, на которой в подшипниковых опорах 2 попарно установлены ведущий 3 и ведомый 4 беговые ролики, кинематически соединенные между собой цепной передачей 5. Для улучшения сцепления с колесами транспортного средства на рабочей поверхности беговых роликов 3 и 4 выполнена ромбовидная нарезка. На раме 1 установлен электропривод, выполненный в виде асинхронного двигателя 6 с короткозамкнутым ротором, редуктор 7, входной вал которого кинематически соединен с асинхронным двигателем 6, а выходной посредством управляемой муфты 8 – с ведущим беговым роликом 3. В кинематической цепи между выходным валом редуктора 7 и ведущим беговым роликом 3 установлен датчик 9 крутящего момента. Между беговыми роликами 3 и 4 установлена подъемная площадка 10, на направляющих которой установлен измерительный ролик 11, прижимаемый к колесам транспортного средства пружинами 12 и соединенный с механизмом отключения 13. Для уменьшения момента инерции измерительный ролик 11 имеет малый вес и диаметр. На валу измерительного ролика 11 установлен датчик 14 частоты вращения, а на валу ведомого бегового ролика 4 дополнительный датчик 15 частоты вращения. На раме 1 установлен также отбойный ролик 16. Разъединительная инерционная муфта 17 установлена на валу 18, соединяющем беговые ролики каждой секции, и состоит из левой 19 и правой 20 полумуфт. Кинематическая связь между левой и правой полумуфтами осуществляется посредством плоского прорезиненного кольца 21, сила прижатия которого к внутренней поверхности полумуфт 19 и 20 определяется частотой вращения.» [7]

«Для определения тормозных качеств в каждой секции включают управляемую муфту 8 и измерительный ролик 11, который под действием пружин 12 прижимается к колесу транспортного средства. При вращении асинхронного двигателя 6 посредством редуктора 7 датчика 9 крутящего момента и управляемой муфты 8 вращение передается ведущему беговому

ролику 3, который раскручивает колеса транспортного средства до заданной частоты вращения, соответствующей скорости движения транспортного средства, например 2,5-3,0 км/ч. При этом угловая скорость вращения колес определяется с помощью датчиков 14 и 15 частоты вращения, а беговые барабаны обеих секций не блокируются между собой, так как левая и правая полумуфты 19 и 20 проскальзывают по поверхности прорезиненного кольца 21. По записям сигналов датчиков 14 и 15 регистрируют момент наступления блокировки колес, когда разность между угловыми скоростями измерительного ролика 11 и ведомого бегового барабана 4 достигает заданной величины. В момент появления заданного проскальзывания колес с помощью датчика 9 крутящего момента измеряют тормозную силу на каждом колесе транспортного средства.» [5]

Третьим аналогом разрабатываемой конструкции, обнаруженным в ходе анализа образцов конструкции по авторским свидетельствам, будет стенд для испытания транспортных средств по а.с. № 2003963. Стенд показан на рисунке 7

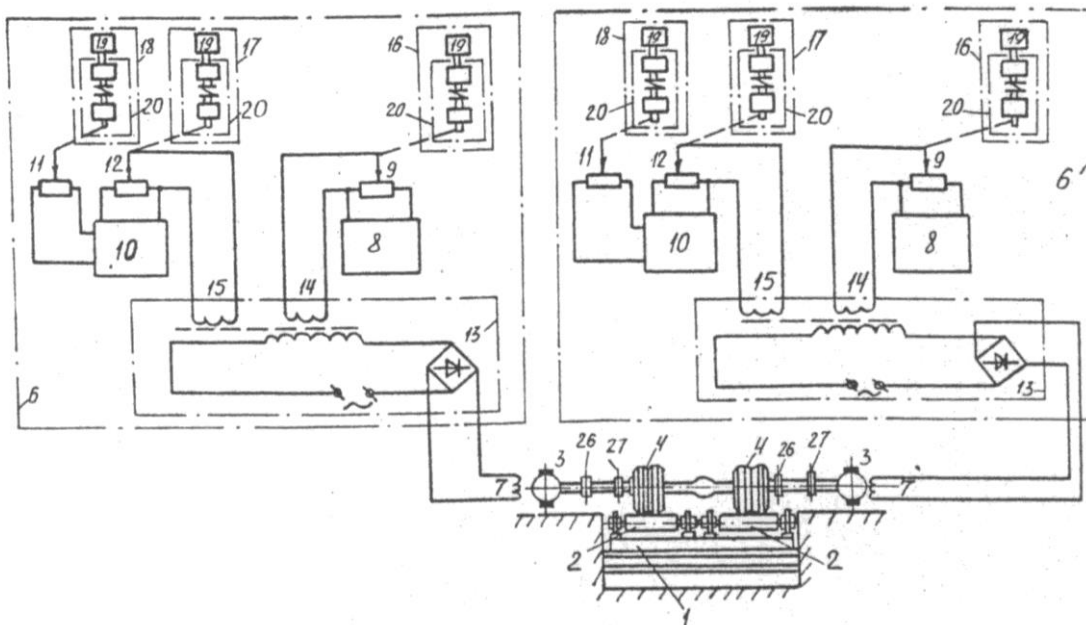


Рисунок 7 – Стенд для испытания транспортных средств по авторскому свидетельству № 2003963

«Стенд состоит из беговых барабанов 1, кинематически соединенных передачей 2 с подвижной частью 3 электромагнитного тормоза, неподвижная часть которого представляет собой сердечник 4 с катушкой 5, подключенной к источнику регулируемого напряжения (не показано). Подвижные части 3 выполнены в виде маховиков и посредством передачи 6 и управляемых муфт 7 и 8 кинематически соединены приводным электродвигателем 9.

При вращении маховика 3 в электромагнитном поле, создаваемом сердечником 4 и катушкой 5, создается сила, препятствующая вращению маховика 3. Эта сила зависит от напряжения, подаваемого на катушку 5. При оценке тормозных качеств часть кинематической энергии, запасенной в маховиках 3, поглощают тормозные механизмы испытываемого транспортного средства, а другая часть переходит в тепло в тормозе и рассеивается. Путем изменения величины напряжения, подаваемого на катушку 5, создается возможность изменять долю энергии, поглощаемой тормозными механизмами испытываемого транспортного средства, т. е. испытывать тормозные качества транспортных средств различной грузоподъемности. Управляемые муфты 7 и 8 позволяют испытывать тормозные механизмы каждого колеса транспортного средства в отдельности.

При оценке тяговых качеств тормоз создает сопротивление вращению ведущих колес транспортного средства.» [7]

В разделе проведен анализ промышленных и патентных образцов аналогов стенда определения тягово-динамических характеристик. Проведен анализ конструкции и выявлены наиболее перспективные технические решения. Обнаруженные промышленные аналоги были отобраны как наиболее перспективные с точки зрения реализации конструкторских идей, заложенных в них. Результаты проведенного анализа будут вынесены на лист графической части работы. По результатам сравнения сформирована циклограмма, также представленная на листе графической части.

## **2 Разработка конструкции стенда тягово-динамических качеств легковых автомобилей**

### **2.1 Тяговый расчёт автомобиля**

Тяговый расчет транспортного средства выполняется для уточнения мощностных параметров транспортного средства. Также тяговый расчёт выполняется для выбора необходимых параметров для расчёта работы проектируемого стенда, чтобы уточнить мощностные характеристики тормоза системы нагружения.

Исходные данные для производимого в разделе расчета представим ниже. В качестве исходных данных приняты параметры базового автомобиля, взятого в качестве базы для проектирования стенда, принимаем автомобиль Лада Гранта (ВАЗ-2190).

«Автомобиль ВАЗ-2190 особо малого класса (класс В по международной классификации) является развитием семейства автомобиля Лада Калина. Его производство на заводе в Тольятти началось в декабре 2011 года. На автомобиль Лада Гранта ВАЗ-2190 устанавливаются 8-клапанные двигатели ВАЗ-11183 (80 л.с.), ВАЗ-21116 (87 л.с.), ВАЗ-11186 (87 л.с.) и 16-клапанный двигатель ВАЗ-21126 (98 л.с). Все двигатели рабочим объемом 1,6 л расположены поперек моторного отсека, оснащены системой распределенного впрыска топлива и каталитическим нейтрализатором отработавших газов, конструктивно выполненным в едином блоке с выпускным коллектором.» [1]

«Кузов Лада Гранта ВАЗ-2190 - типа седан, несущий, цельнометаллический, сварной конструкции с навесными боковыми дверьми, передними крыльями, капотом и крышкой багажника.

Трансмиссия на автомобиле Лада Гранта ВАЗ-2190 выполнена по переднеприводной схеме с приводами ведущих колес разной длины. Передняя подвеска независимая, пружинная, со стабилизатором поперечной устойчивости, с гидравлическими амортизаторными стойками.» [2]

«Задняя подвеска полузависимая, с Н-образной поперечной балкой, с несъемным стабилизатором поперечной устойчивости, с гидравлическими амортизаторными стойками. Тормозные механизмы передних колес дисковые, с плавающей скобой, тормозные механизмы задних колес барабанные. В варианном исполнении автомобиля Лада Гранта ВАЗ-2190 могут быть оснащены антиблокировочной системой тормозов (ABS).» [1]

Внешний вид автомобиля ВАЗ-2190 представлен на рисунке 8.

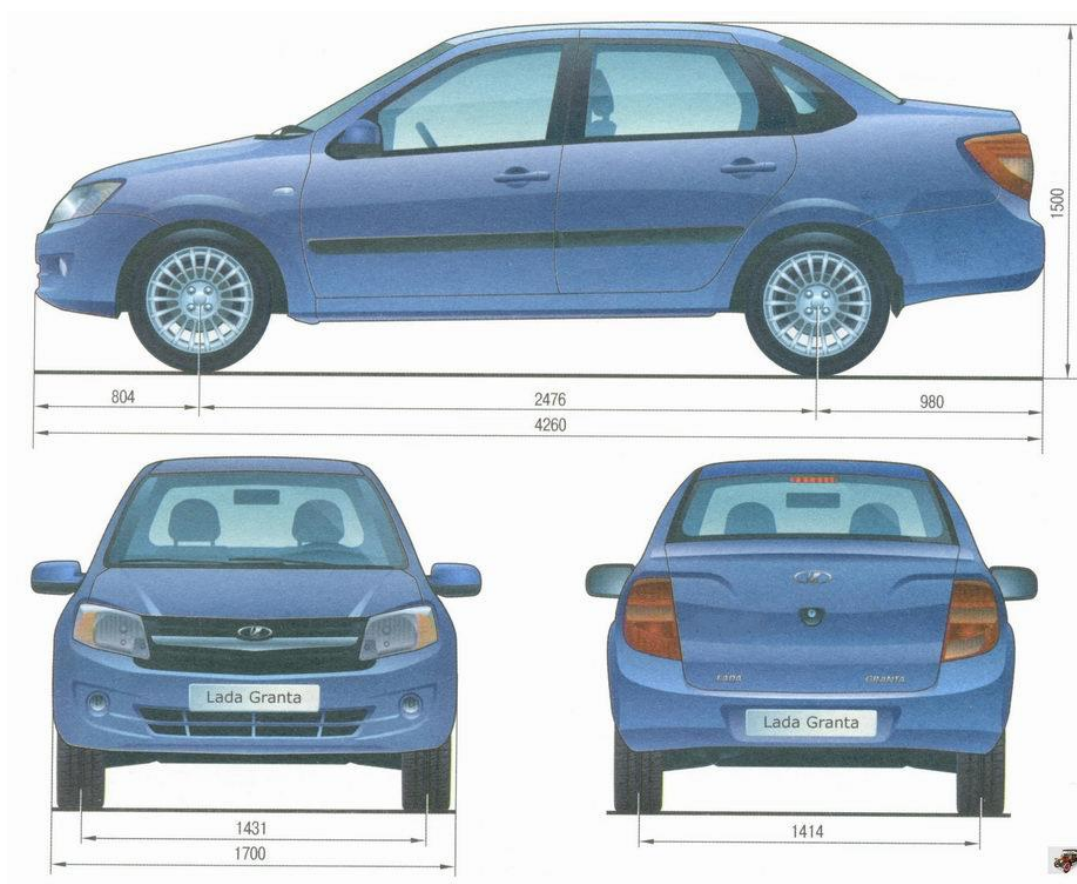


Рисунок 8 – Внешний вид и габаритные размеры автомобиля Лада Гранта ВАЗ-2190

Исходя из известных технических характеристик автомобиля, произведем тяговый расчет по общей методике расчетов транспортных средств.

Полная масса автомобиля определяется следующим образом:

$$m_a = m_o + (m_ч + m_б) \cdot n_п, \quad (1)$$

«Где  $m_o$  – масса снаряженного автомобиля:  $m_o = 1075$  кг;

$m_ч$  – масса водителя или пассажира: принимаем  $m_ч = 76$  кг;

$m_б$  – масса багажа из расчета на одного пассажира:  $m_б = 21$  кг;

$n_п$  – количество пассажиров, включая водителя:  $n_п = 5$  человек.» [2]

$$m_a = 1075 + (76 + 21) \cdot 5 = 1560 \text{ кг}$$

«При распределении нагрузки по осям легкового автомобиля с передним расположением двигателя и передним ведущим мостом на задний мост приходится 43...47% полной массы автомобиля.

Принимаем что на менее нагруженный задний мост приходится 45% полной массы. Тогда на передний мост приходится 55% полной массы.

Определим полный вес автомобиля:» [2]

$$G_a = m_a \cdot g \quad (2)$$

$$G_a = 1560 \cdot 9,81 = 15304 \text{ Н}$$

Определим вес, приходящийся на переднюю ось автомобиля:

$$G_1 = \frac{m_a \cdot 55 \cdot g}{100} = \frac{1560 \cdot 55 \cdot 9,81}{100} = 8417 \text{ Н} \quad (3)$$

Определим вес, приходящийся на заднюю ось автомобиля:

$$G_2 = \frac{m_a \cdot 45 \cdot g}{100} = \frac{1560 \cdot 45 \cdot 9,81}{100} = 6887 \text{ Н} \quad (4)$$

«При выборе шин исходным параметром является нагрузка на наиболее нагруженных колесах. Наиболее нагруженными являются шины переднего моста. Определяем нагрузку на одну шину:» [2]

$$F_1 = \frac{G_1}{n} = \frac{8417}{2} = 4208,5H \quad (5)$$

$$F_2 = \frac{G_1}{n} = \frac{6887}{2} = 3443,5H \quad (6)$$

где  $n$  – число шин одного моста,  $n = 2$ .

«Из ГОСТ 4754 – 97 «Шины пневматические для легковых автомобилей, прицепов к ним, легких грузовых автомобилей и автобусов особо малой вместимости» принимаем шину 165/80R14.

Определяем посадочный диаметр обода  $d$ , наружный диаметр  $D_H$  и статический радиус колеса  $r_{ст}$ :» [3]

$$d = 14 \cdot 0,0254 = 0,3556 \text{ м};$$

$$D_H = d + \frac{2 \cdot k_{ш} \cdot B}{10^3} = 0,3556 + \frac{2 \cdot 0,8 \cdot 1,85}{10^3} = 0,35856 \quad (7)$$

«Где  $k_{ш}$  – Н/В (Н и В – высота и ширина профиля): для шины 165/80R14  $k_{ш} = 0,8$ ;

$$B = 165 \text{ мм};$$

$$r_{ст} = \frac{d}{2} + \frac{k_{ш} \cdot \lambda \cdot B}{10^3} = \frac{0,3556}{2} + \frac{0,8 \cdot 0,95 \cdot 165}{10^3} = 0,3036 \quad (8)$$

где  $\lambda_{см}$  – коэффициент, учитывающий смятие шины под нагрузкой: для радиальных шин легковых автомобилей, принимаем  $\lambda_{см} = 0,95$ ;» [4]

Определяем радиус качения колеса:

$$r_k = \frac{\frac{D_n}{2} + r_{cm}}{2} = \frac{\frac{0,6196}{2} + 0,3036}{2} = 0,3065 \quad (9)$$

«Определяем силу лобового сопротивления воздуха, которая напрямую зависит от лобовой площади автомобиля:

$$F_{Bmax} = \frac{k_B * A_B * V_{max}^2}{3.6^2} = \frac{0,36 * 2,08022 * 167^2}{3.6^2} = 1,611,53H \quad (10)$$

где  $A_B$  – площадь лобового сопротивления;

$k_B$  – коэффициент воздушного сопротивления: принимаем  $k_B = 0.36$ ;

$$A_B = C \cdot [(H_{\Gamma} - h) \cdot B_{\Gamma}] + n \cdot h \cdot B = 0.89 \cdot [(1,500 - 0,160) \cdot 1,700] + 2 \cdot 0,160 \cdot 0,165 = 2,08022 \quad (11)$$

где  $C$  – коэффициент формы, равный для легковых автомобилей  $C = 0.89$ ;

$H_{\Gamma}$  и  $B_{\Gamma}$  – соответственно габаритные высота и ширина транспортного средства:  $H_{\Gamma} = 1,500$  м,

$B_{\Gamma} = 0.160$  м;

$h$  – расстояние от бампера до поверхности дороги: принимаем  $h = 0,160$  м;

$B$  – ширина профиля шины:  $B = 1,700$  м;

$n$  – максимальное число колес одного моста автомобиля: при односкатных задних колесах  $n = 2$ .» [1]

Максимальная стендовая мощность двигателя

$$P_{vmax}^{ст} = \frac{P_{vmax}}{K_{ст}} = \frac{64}{0,95} = 67,37 \text{ кВт} \quad (12)$$

Определим максимальную мощность двигателя:



$$P_{B \max} = P_{\epsilon \max}^{cm} * k_{cm} = 64 \text{ кВт} \quad (13)$$

«где –  $k_{ст}$  поправочный коэффициент, равный 0,93-0,96: принимаем  $k_{ст} = 0,95$ ;

Мощность при максимальной скорости определяется на основании формулы:» [4]

$$P_{BV \max} = P_{\text{вmax}} \cdot \left[ a * \left( \frac{n_{eV \max}}{n_p} \right) + b * \left( \frac{n_{eV \max}}{n_p} \right)^2 + c * \left( \frac{n_{eV \max}}{n_p} \right)^3 \right] = \quad (14)$$

$$= 64 * \left[ 0,7 * \left( \frac{4833,042}{5100} \right) + 1,6 * \left( \frac{4833,042}{5100} \right)^2 + (-1,3) * \left( \frac{4833,042}{5100} \right)^3 \right] = 63,6 \text{ кВт}$$

«где  $n_{eV \max}$  – обороты коленчатого вала двигателя при максимальной скорости (в данном автомобиле максимальная скорость на высшей передаче достигается при оборотах меньших чем максимальные);

$n_p$  – обороты коленчатого вала двигателя при максимальной мощности:

$n_p = 5100$  об/мин;

$a, b, c$  – эмпирические коэффициенты.» [2]

Для карбюраторного двигателя легкового автомобиля коэффициенты находим по формулам:

$$a = \frac{k_{\omega} * (k_M * k_{\omega} - 3) + 2}{(k_{\omega} - 1)^2} = \frac{1,34 * (1,17 * 1,34 - 3) + 2}{(1,34 - 1)^2} = 0,7 \quad (15)$$

$$b = \frac{k_{\omega}^2 * (3 - 2 * k_M) - 1}{(k_{\omega} - 1)^2} = \frac{1,34^2 * (3 - 2 * 1,17) - 1}{(1,34 - 1)^2} = 1,6 \quad (16)$$

$$c = \frac{k_{\omega}^2 * (k_M - 2) + k_{\omega}}{(k_{\omega} - 1)^2} = \frac{1,34^2 * (1,17 - 2) + 1,34}{(1,34 - 1)^2} = -1,3 \quad (17)$$

где  $k_M$  – коэффициент приспособляемости по крутящему моменту;

$k_\omega$  – коэффициент приспособляемости по частоте вращения.

«Коэффициенты приспособляемости рассчитываем по стендовым параметрам двигателя:

$$K_M = \frac{I_{e \max}}{M_p^{cm}} = \frac{147,37}{126,21} = 1,17 \quad (18)$$

где  $I_{v \max}$  – стендовый максимальный крутящий момент:  $I_{v \max} = 147,37$  Н·м;

$M_p^{cm}$  – стендовый крутящий момент при максимальной мощности:

$$M_p^{cm} = \frac{30 \cdot 10^3}{\pi \cdot n_p} \cdot P_{v \max}^{cm} = \frac{30 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 5100} \cdot 67,37 = 126,21 \text{ кВм} \quad (19)$$

$$k_\omega = \frac{n_p}{n_i} = \frac{5100}{3800} = 1,34 \quad (20)$$

где  $n_p$  – обороты коленчатого вала при максимальной мощности:  $n_p = 5100$  об/мин;

$n_i$  – обороты коленчатого вала при максимальном крутящем моменте:  $n_i = 3800$  об/мин.» [1]

Проверяем условие:

$$a + 2 \cdot b + 3 \cdot c = 0 \quad (21)$$

$$0,7 + 2 \cdot 1,6 + 3 \cdot (-1,3) = 0$$

Условие выполняется:

Определим обороты коленчатого вала при максимальной скорости:

$$n_{\text{сVmax}} = \frac{30 * U_o * U_{EI} * V_{\text{max}}}{3.6 * \pi * r_{\kappa}} = \frac{30 * 3,9 * 0,857 * 167}{3.6 * 3,14 * 0,365} = 4833,042 \quad (22)$$

«Мощность двигателя при максимальной скорости должна обеспечивать возможность движения при дорожном сопротивлении, которое для легковых автомобилей находится в пределах ( $\psi_v = 0,015-0,025$ ).

Определим дорожное сопротивление, которое может преодолеть данная модель автомобиля при максимальной скорости:» [2]

$$\Psi_v = \frac{\frac{3.6 * \eta_{mp} * P_{BV \text{max}} * 10^3}{V_{\text{max}}} - F_{B \text{max}}}{G_a} = \frac{\frac{3.6 * 0,93 * 63,61 * 10^3}{167} - 1611,53}{15304} = 0,022 \quad (23)$$

«где  $\eta_{\text{тр}}$  – КПД трансмиссии; при работе трансмиссии с полной нагрузкой, т. е. при работе двигателя по внешней скоростной характеристике имеем:» [1]

$$\eta_{\text{тр}} = \eta_1 * \eta_2 * \eta_3 * \eta_4 = 0,93 \quad (24)$$

«где  $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4$  соответственно КПД цилиндрических шестерен наружного зацепления, внутреннего зацепления, конических шестерен и карданных сочленений, передающих крутящий момент от коленчатого вала двигателя к ведущим колесам на  $i$ -ой передаче в КП;

$z_1, z_2 = 0; z_3 = 0; z_4 = 4$ . – соответственно число пар цилиндрических шестерен наружного зацепления, внутреннего зацепления, конических шестерен и число карданных сочленений, передающих крутящий момент от коленчатого вала двигателя к ведущим колесам на  $i$ -ой передаче в КП.» [4]

В расчетах принимаем:

$$\eta_1 = 0,982; \eta_2 = 0,99; \eta_3 = 0,97; \eta_4 = 0,99;$$

$$z_1 = 2; z_2 = 0; z_3 = 0; z_4 = 4.$$

«Дорожное сопротивление, преодолеваемое автомобилем при движении с максимальной скоростью  $\psi_v=0,022$ .

Передаточное число главной передачи определяется исходя из условия обеспечения максимальной скорости движения автомобиля.

Определяем: какую максимальную скорость позволяет получить передаточное число главной передачи для заданной модели автомобиля:» [2]

$$V_{\max} = \frac{3,6 * \pi * n_{v \max} * r_k}{30 * U_o * U_{\text{ВП}}^A} = \frac{3,6 * 3,14 * 4833,042 * 0,3065}{30 * 3,9 * 0,857} = 167 \quad (25)$$

где  $U_{\text{ВП}}^A$  – передаточное число высшей передачи в КП:

$U_o$  – передаточное число главной передачи:  $U_o= 3.9$

«Передаточное число главной передачи подобрано таким образом, чтобы получить максимальную скорость при оборотах коленчатого вала меньше максимальных, при этом обеспечивается лучшая топливная экономичность автомобиля. Передаточное число главной передачи при максимальных оборотах двигателя обеспечивает максимальную скорость  $V_{\max}= 167\text{км/ч}$

Передаточное число первой передачи рассчитывается, исходя из того, чтобы автомобиль мог преодолеть максимальное сопротивление дороги, характеризуемое коэффициентом  $\psi_{\max}$ , не буксовал при трогании с места, и мог двигаться с устойчивой минимальной скоростью.

Для заданной модели автомобиля  $U_1=2,75$

Максимальное сопротивление дороги для легковых автомобилей должно находиться в пределах  $\psi_{\max}=0,30\dots0,50$

Определим максимальное сопротивление дороги, которое может преодолеть заданная модель автомобиля, при трогании с места:» [4]

$$\Psi_{\max} = \frac{M_{\max}^{cm} * k_n * U_o * U_1 * \eta_{mp}}{r_k * G_a} = \frac{147,37 * 0,95 * 3,9 * 2,75 * 0,93}{0,3065 * 15304} = 0,30 \quad (26)$$

«Максимальное дорожное сопротивление, которое может преодолеть автомобиль при трогании с места  $\Psi_{\max}=0.30$

Определим минимальный коэффициент сцепления, при котором данный автомобиль может тронуться с места без пробуксовки ведущих колес:» [2]

$$\Phi_{\min} = \frac{M_{\epsilon \max} * k_n * U_o * U_1 * \eta_o}{r_k * G_1 * k_{r1}} = \frac{140 * 0,95 * 3,9 * 2,75 * 0,93}{0,3065 * 8417 * 0,9} = 0,571 \quad (27)$$

«где  $k_{r1}$  – коэффициент перераспределения нормальных реакций, для переднеприводного автомобиля принимаем  $k_{r1}=0,9$ » [3]

«Минимальный коэффициент сцепления составил  $\Phi_{\min}=0,571$

Определим минимальную устойчивую скорость движения автомобиля:

$$V_{\min} = \frac{3.6 * \pi * n_{\min} * r_k}{30 * U_o * U_1} = \frac{3.6 * 3,14 * 600 * 0,9065}{30 * 3,5 * 2,75} = 6,5 \text{ км/ч} \quad (28)$$

где  $n_{\min}$  – минимальные устойчивые обороты двигателя при полностью открытой дроссельной заслонке под нагрузкой, принимаем для бензинового двигателя  $n_{\min}=600$  об/мин.» [1]

«Передаточные числа промежуточных передач выбираются из условия обеспечения максимальной интенсивности разгона автомобиля, а также длительного движения при повышенном сопротивлении дороги.» [3]

$$U_m = U_1^{\frac{n-m}{n-1}} * U_n^{\frac{m-1}{n-1}} \quad (29)$$

$$U_2 = 2.75^{\frac{3-2}{3-1}} * 1.313^{\frac{2-1}{3-1}} = 1,9$$

Рассчитанные и фактические значения передаточных чисел коробки передач приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Передаточные числа коробки передач

№ передачи	Обозначение	Фактическое значение	Рассчитанное значение
1	U <sub>1</sub>	2.75	2.75
2	U <sub>2</sub>	1.784	1.9
3	U <sub>3</sub>	1.313	1.440
4	U <sub>4</sub>	1.043	1.148
5	U <sub>5</sub>	0.857	0.857

«Как видно из таблицы 2 фактические значения передаточных чисел промежуточных передач меньше рассчитанных значений. Таким образом, коробка передач заданного автомобиля не обеспечивает максимальной интенсивности разгона автомобиля. Поскольку фактические значения передаточных чисел промежуточных передач незначительно отличаются от рассчитанных значений можно сделать вывод, что данная коробка передач обеспечивает уместную интенсивность разгона автомобиля, при улучшенных показателях топливной экономичности.

Скоростная характеристика двигателя, полученная при полной подаче топлива, называется внешней скоростной характеристикой.

Значения мощности при различной частоте вращения коленчатого вала определяем по формуле:» [1]

$$P_{BV} = P_{B \max} \cdot \left[ a * \left( \frac{n_p}{n_{\epsilon V \max}} \right) + b * \left( \frac{n_p}{n_{\epsilon V \max}} \right)^2 + c * \left( \frac{n_p}{n_{\epsilon V \max}} \right)^3 \right] \quad (30)$$

$$P_{BV} = P_{B \max} \cdot \left[ 0.7 * \left( \frac{600}{4833} \right) + 1.6 * \left( \frac{600}{4833} \right)^2 + (-1.3) * \left( \frac{600}{4833} \right)^3 \right] = 7.3$$

Значение крутящего момента при различных оборотах рассчитываем по формуле:

$$M_B = \frac{30 * 10^3}{\pi * n_g} * P_g \quad (31)$$

$$M_B = \frac{30 * 10^3}{3.14 * 600} * 7.3 = 116.24$$

Для нахождения стендовых характеристик двигателя полученные значения мощностей и моментов, разделим на коэффициент стенда:

$$P_{B}^{cm} = P_B / k_{CT} = P_{B}^{cm} = 7.3 / 0.95 \quad (32)$$

Далее расчеты производим аналогично

$$M_{B}^{cm} = M_B / k_{CT} = M_{B}^{cm} = 116.24 / 0.95 \quad (33)$$

Результаты расчетов заносим в таблицу 3

Таблица 3 – Результаты расчетов внешней скоростной характеристики

п, об/мин	$P_{BV}$ , кВт	$P_{B}^{cm}$ , кВт	$M_B$ , Н·м	$M_{B}^{cm}$ , Н·м
600	7.3	7.68	116.24	122.36
800	9.9	10.42	118.23	124.45
1000	12.9	13.57	123.25	129.79
1200	16.2	17.05	128.98	135.77

Продолжение таблицы 3

1400	19.5	20.52	133.08	140.08
1600	23	24.21	137.34	144.57
1800	26.5	27.89	140.66	148.06
2000	30.1	31.68	143.79	151.36
2200	33.8	35.58	146.79	154.56
2400	37.4	39.37	148.89	156.73
2600	40.8	42.95	149.93	157.82
2800	44.1	46.42	150.48	158.4
3000	47.4	49.89	150.96	158.91
3200	50.4	53.05	150.48	158.4
3400	53.2	56	149.49	157.36
3600	55.8	58.74	148.09	155.88
3800	58	61.1	145.83	153.51
4000	60	63.16	143.31	150.85
4200	61.6	64.84	140.13	147.51
4400	62.9	66.21	136.58	143.77
4600	63.6	66.95	132.09	139.04
4800	64	67.37	127.39	134.09
5000	63.8	67.16	121.91	128.33
5200	63.1	66.42	115.94	122.04
5400	61.8	65.1	109.34	115.09
5600	59.9	63.1	102.19	107.57
5800	57.5	60.53	94.72	99.71
6000	54.3	57.16	86.46	91.01

По рассчитанным значениям строим внешнюю скоростную характеристику (рисунок 9).



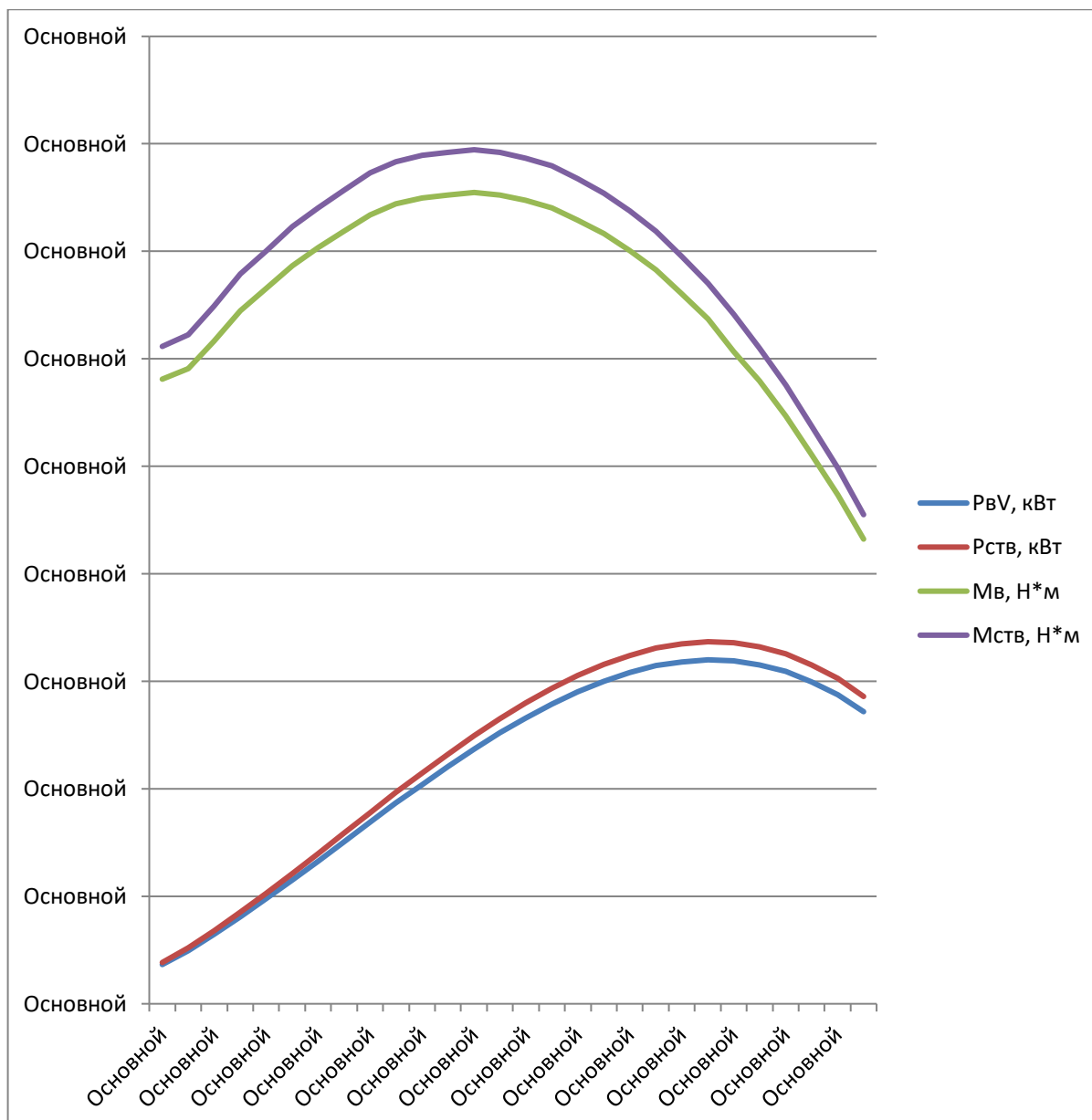


Рисунок 9 – Внешняя скоростная характеристика двигателя

С целью решения уравнения движения автомобиля методом силового баланса, представим его в виде:

$$F_k = F_f + F_i + F_B + F_j \quad (34)$$

где  $F_k$  – сила тяги, приложенная к ведущим колесам;

$F_f$  – сила сопротивления качению;

$F_i$  – сила сопротивления подъема;

$F_B$  – сила сопротивления воздуха;

$F_j$  – сила сопротивления разгону.

«Полученное уравнение называют уравнением силового (или тягового) баланса. Уравнение силового баланса показывает, что сумма всех сил сопротивления движению в любой момент времени равна окружной силе на ведущих колесах автомобиля.

Уравнение позволяет определить величину окружной силы, развиваемой на ведущих колесах автомобиля, и установить, как она распределяется по различным видам сопротивлений.

Графическое изображение уравнения силового (тягового) баланса в координатах окружная сила – скорость, называется тяговой характеристикой автомобиля.» [1]

Определим значения окружной силы  $F_k$ , в зависимости от скорости, при движении автомобиля на различных передачах:

$$F_{ki} = \frac{M_B \cdot U_o \cdot U_i \cdot \eta_{mp}}{r_k} \quad (35)$$
$$F_{ki} = \frac{116.24 \cdot 3.9 \cdot 2.75 \cdot 0.95}{0.3065} = 6.46$$

«В данном уравнении эффективный крутящий момент  $M_e$  является функцией от оборотов коленчатого вала  $n_e$ . Значение эффективного крутящего момента  $M_e$  в зависимости от оборотов коленчатого вала  $n_e$  определяется по внешней скоростной характеристике двигателя.

В предположении отсутствия буксования сцепления и ведущих колес автомобиля связь между частотой вращения коленчатого вала двигателя  $n_e$  и скоростью  $V$  находится из соотношения:» [2]

$$V_j = \frac{3.6 \cdot \pi \cdot n_e \cdot r_\kappa}{30 \cdot U_o \cdot U_i} \quad (36)$$

$$V_1 = \frac{3.6 \cdot 3.14 \cdot 600 \cdot 0.3065}{30 \cdot 3.9 \cdot 2.75} = 6.46$$

«Производим расчеты значений окружной силы  $F_{ki}$  и скорости  $V_i$  для различных оборотов коленчатого вала в диапазоне от  $n_{\min}$  до  $n_{\max}$  на различных передачах коробки передач.

Для следующих значений  $n_e$  на  $i$ -той передаче расчеты ведем аналогично. Результаты расчетов заносим в таблицу 4. Полученные значения наносим на тяговую характеристику.

Определим силу сопротивления качению  $F_f$  в зависимости от скорости движения автомобиля:» [1], [19]

$$F_f = G_a \cdot f_o \cdot (1 + (0,006 \cdot V)^2) \quad (37)$$

«где  $f_o$  – коэффициент сопротивления качению при движении автомобиля с малой скоростью (при расчетах используем значение  $f_o = 0,012$ ).» [4]

«Силу сопротивления подъема  $F_i$  принимаем равной нулю, так как рассматриваем движение автомобиля на дороге без уклона.

Определим силу сопротивления воздуха  $F_B$  в зависимости от скорости движения автомобиля:» [3]

$$F_B = \frac{k_B \cdot A_B \cdot V^2}{3.6^2} \quad (38)$$

$$F_B = \frac{0.36 * 2.08 * 0^2}{3.6^2} = 0$$

Результаты расчетов заносим в таблицу 7.3. Полученные значения наносим на тяговую характеристику.

Таблица 4 - Результаты расчетов окружной силы  $F_k$

n, об/мин	1-я передача		2-я передача		3-я передача		4-я передача		5-я передача	
	V <sub>1</sub> , км/ч	F <sub>k1</sub> , Н	V <sub>2</sub> , км/ч	F <sub>k2</sub> , Н	V <sub>3</sub> , км/ч	F <sub>k3</sub> , Н	V <sub>4</sub> , км/ч	F <sub>k4</sub> , Н	V <sub>5</sub> , км/ч	F <sub>k5</sub> , Н
600	6,46	3782,73	9,35	2613,52	12,34	1980,78	15,48	1579,12	20,73	1178,84
800	8,61	3847,49	12,47	2658,27	16,45	2014,69	20,64	1606,15	27,64	1199,02
1000	10,77	4010,85	15,59	2771,13	20,56	2100,23	25,79	1674,35	34,55	1249,93
1200	12,92	4197,32	18,7	2899,97	24,68	2197,87	30,95	1752,19	41,46	1308,04
1400	15,08	4330,74	21,82	2992,15	28,79	2267,74	36,11	1807,89	48,38	1349,62
1600	17,23	4469,38	24,94	3087,93	32,90	2340,33	41,27	1865,76	55,39	1392,82
1800	19,38	4577,42	28,05	3162,58	37,02	2396,9	46,43	1910,86	62,19	1426,49
2000	21,54	4679,27	31,17	3232,58	41,13	2450,24	51,59	1953,38	69,11	1458,23
2200	23,69	4776,90	34,29	3300,40	45,24	2501,36	56,75	1994,14	76,02	1488,66
2400	25,84	4845,24	37,41	3347,62	49,35	2537,14	61,1	2022,67	82,93	1509,95
2600	27,99	4879,08	40,52	3371	53,47	2554,87	67,07	2036,79	89,84	1520,5
2800	30,15	4896,98	43,64	3383,37	57,58	2564,24	72,23	2044,27	96,75	1526,08
3000	32,3	4912,60	46,76	3394,16	61,69	2572,42	77,38	2050,78	103,66	1530,95
3200	34,46	4896,98	49,87	3383,37	65,81	2564,24	82,54	2044,27	110,57	1526,08
3400	36,61	4864,77	52,99	3361,11	69,92	2547,37	87,7	2030,82	117,48	1516,04
3600	38,77	4818,88	56,11	3329,63	74,03	2523,51	92,86	2011,79	124,39	1501,84
3800	40,92	4745,66	59,23	3278,82	78,14	2486,02	98,02	1981,09	131,3	1478,92
4000	43,07	4663,65	62,34	3222,16	82,26	2442,06	103,18	1946,86	138,22	1453,36
4200	45,23	4560,17	65,46	3150,66	86,37	2387,87	108,34	1903,66	145,13	1421,11

Продолжение таблицы 4

n, об/мин	1-я передача		2-я передача		3-я передача		4-я передача		5-я передача	
	V <sub>1</sub> , км/ч	F <sub>k1</sub> , Н	V <sub>2</sub> , км/ч	F <sub>k2</sub> , Н	V <sub>3</sub> , км/ч	F <sub>k3</sub> , Н	V <sub>4</sub> , км/ч	F <sub>k4</sub> , Н	V <sub>5</sub> , км/ч	F <sub>k5</sub> , Н
4400	47,38	4444,64	68,57	3070,84	90,48	2327,38	113,49	1855,44	152,04	1385,11
4600	49,53	4298,52	71,69	2969,89	94,59	2250,87	118,66	1794,44	158,95	1339,57
4800	51,69	4145,58	74,81	2864,22	98,71	2170,78	123,82	1730,59	165,86	1291,91
5000	53,84	3967,25	77,93	2741,01	102,82	2077,39	128,97	1656,14	172,77	1236,34
5200	55,99	3772,97	81,05	2606,78	106,43	1975,66	134,13	1575,04	179,68	1175,79
5400	58,15	3558,19	84,16	2458,38	111,05	1863,19	139,29	1485,38	186,59	1108,86
5600	60,3	3325,51	87,28	2297,62	115,16	1741,36	144,45	1388,25	193,5	1036,35
5800	62,46	3082,42	90,39	2129,67	119,29	1614,07	149,61	1286,77	200,41	960,59
6000	64,61	2813,62	93,51	1943,95	123,39	1473,31	154,77	1174,56	207,32	876,83

Таблица 5 – Результаты расчетов сил сопротивления дороги (качения)  $F_f$  и воздуха  $F_B$

V <sub>a</sub> , км/ч	F <sub>f</sub> , Н	F <sub>B</sub> , Н	F <sub>f</sub> + F <sub>B</sub> , Н
0	18,36	0	18,36
10	18,43	5,78	24,21
20	18,62	23,11	41,73
30	18,95	52	70,95
40	19,42	94,44	113,86
50	20,01	144,44	164,45
60	20,74	208	228,74
70	21,6	283,11	304,71
80	22,59	369,78	392,37
90	23,71	468	491,71
100	24,97	577,78	602,75
110	26,36	699,11	725,47
120	27,88	832	859,88
130	29,53	976,44	1005,97
140	31,31	1132,44	1163,75
150	33,23	1300	1333,23
160	35,28	1479,11	1514,39
170	37,46	1669,11	1706,57
180	39,78	1872	1911,78

Продолжение таблицы 5

$V_a$ , км/ч	$F_f$ , Н	$F_B$ , Н	$F_f + F_B$ , Н
190	42,22	2085,78	2128
200	44,8	2311,11	2355,91
210	47,51	2548	2595,51
220	50,35	2796,44	2846,79

По рассчитанным значениям таблицы 5 строим тяговую характеристику автомобиля (рисунок 10).

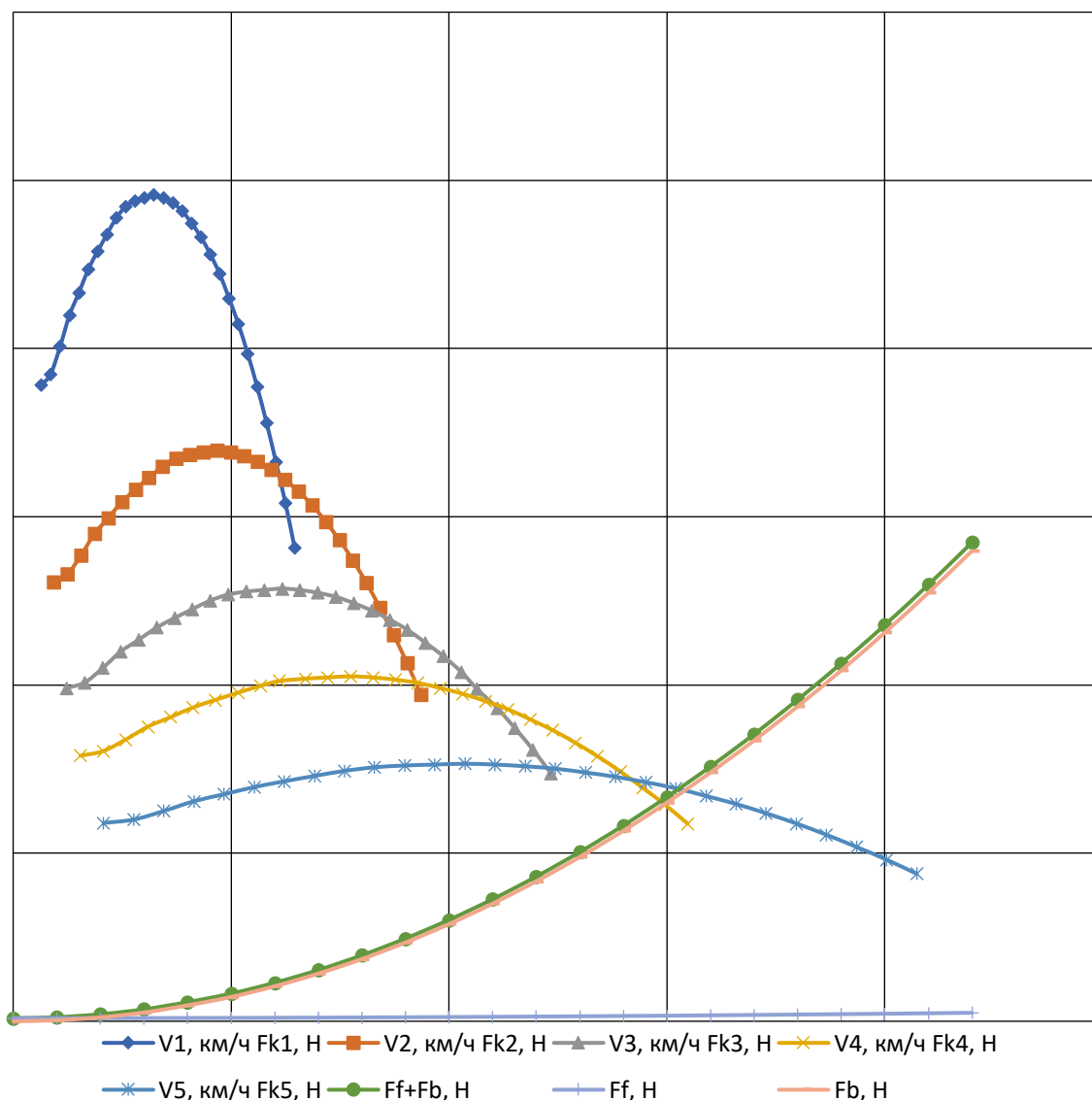


Рисунок 10 - Тяговая характеристика автомобиля

## **2.2 Расчет стенда тягово-динамических качеств легковых автомобилей**

### **2.2.1 Техническое задание на разработку стенда тягово-динамических качеств легковых автомобилей**

В рамках дипломного проекта требуется произвести разработку стенда тягово-динамических качеств легкового автомобиля. Разработка производится на основании произведенного анализа, выявившего ряд промышленных и патентных аналогов. Стенд предназначается для испытания легковых автомобилей на тяговых режимах.

Конструкция стенда должна предусматривать испытание автомобиля с одной ведущей осью. Стенд должен предусматривать проведение испытаний в двух режимах:

- режиме проверки тягово-динамических характеристик, когда производится разгон транспортного средства;
- режиме выбега, когда производится выявление свободного выбега автомобиля на беговых барабанах, имитируя режим свободного качения.

В качестве нагрузочного устройства применяться должен применяться гидродинамический тормоз, в котором нагрузка создается путем перемешивания жидкости между реактивными пластинами. Тип пластин и способ заполнения корпуса реактивного барабана должны быть оговорены в техническом предложении.

При конструировании стенда следует ориентироваться на предлагаемые технические характеристики:

- Габаритные размеры, не более: 2000 x 3500 x 1500
- Масса установки, не более: 5500 кг
- Нагрузка на ось транспортного средства: до 2,0 т

«Пульт управления стендом следует расположить на высоте 900-1000 мм от уровня пола, причем усилие нажатия на рычаг должно быть не более 100 Н, кнопку 15 Н. Все элементы управления должны находиться в зоне

досягаемости рук оператора, без перемещения туловища. Рабочее положение оператора – стоя. Рукоятки управления и привода должны быть снабжены резиновыми накладками, для предотвращения соскальзывания рук при проведении работ. В качестве контроля рекомендуется использовать датчики цифрового типа как наиболее информативные. Кнопки управления выполнить из черного пластика. Кнопку экстренной остановки привода выполнить из красного пластика и большего размера, нежели остальные кнопки управления. Кнопки и рычаги управления предполагается сгруппировать и поместить на отдельную панель управления.» [12]

«Внешние очертания механизма должны отвечать требованиям технической эстетики и передавать функциональный характер изделия, острые углы рекомендуется скруглить, рекомендуется окрасить механизм в черный цвет, барабаны допускается не окрашивать. Наружные плоскости перекрытия узлов и агрегатов окрасить в черный цвет с желтыми полосами. Не допускаются выступающие за габариты стенда узлы и детали, если того не требует их функциональное предназначение. Внешняя форма изделия должна быть продиктована соображениями компоновки отдельных элементов в одно целое.» [17]

«Для безотказной и эффективной работы данного изделия ТО данного изделия должно проводиться не менее 1 раза в 3 месяца. Составные части конструкции легко должны подвергаться сборке-разборке при замене деталей или транспортировке. Для защиты от коррозии все основные металлические поверхности должны быть окрашены влаго-маслостойкими красками. Детали вращения должны быть смазаны и защищены от попадания пыли и грязи. Изделие транспортируется в разобранном виде.» [11]

### **2.2.2 Техническое предложение на разработку стенда тягово-динамических качеств легковых автомобилей**

В рамках дипломного проекта предложено разработать стенд тяговых качеств для легкового автомобиля. Устройство относится к диагностическому оборудованию и может быть использовано при проведении диагностических



работ на автотранспортных и авторемонтных предприятиях. Разработка проводится с целью снижения времени на основные операции при проведении диагностических работ проверки состояния двигателя и трансмиссии автомобиля, а также с целью доводки до современного уровня развития техники (точность диагностирования).

Существующие в данное время отечественные образцы данного вида техники не удовлетворяют в полной мере всему спектру задач, предъявляемых к современному диагностическому оборудованию. Зарубежные образцы обладают лучшими характеристиками, однако сложны в обслуживании и требуют значительных капитальных вложений. Поэтому необходимо, опираясь на опыт зарубежных производителей создать образцы новой техники, качественно отличающейся от аналогичных образцов, однако более дешевые в производстве и эксплуатации.

Предполагается использование разрабатываемого стенда как на проектируемом предприятии, так и внедрение его на все предприятия, которые оказывают услуги по ремонту и техническому обслуживанию автомобилей.

«Разработка проводится на основании проведенного поиска промышленных аналогов, исходя из выбранного технического решения для данной конструкции. Прототипом разрабатываемой конструкции будет являться ряд существующих устройств для контроля тяговых качеств. Одним из таких устройств будет являться стенд LPS-3000, производимый фирмой МАНА, Германия (рисунок 11).» [13]

Рассмотрение в рамках технического предложения дополнительных устройств стендов позволит более широко изучить вопрос проектирования и конструирования стендов контроля тягово-динамических характеристик и позволит использовать технические решения, не выявленные ранее.



Рисунок 11 – Стенд контроля тяговых качеств LPS-3000

Стенд предназначен для углублённой диагностики автомобилотранспортных средств по тягово-мощностным, скоростным и экологическим параметрам. Стенд диагностический тягово-скоростной характеристики автомобилотранспортных средств серии МАНА LPS 3000 соответствует требованиям нормативных документов ГОСТ Р 51151-98 и ГОСТ 51522-99.

Технические характеристики МАНА LPS3000:

- максимальная частота вращения двигателя 11000 об/мин;
- максимальная скорость движения автомобиля 260 км/ч;
- наименьший диаметр колеса 12 дюймов;
- максимальная нагрузка на ось 2500 кг;
- максимальная мощность измерения 400 л.с.(290 кВт.);
- максимальный момент измерения 800 Нм.

### **2.2.3 Основные требования, предъявляемые к конструкции**

Стенд для диагностирования тормозной системы автомобиля располагается в зоне проведения тяговых испытаний, где с его помощью производится контроль основных параметров двигателя и трансмиссии, таких как: мощность двигателя, крутящий момент двигателя, мощность механических потерь, максимальное ускорение автомобиля с различной нагрузкой.

В качестве измерительного датчика предполагается применение пьезоэлектрического силоизмерительного устройства, преобразующих реактивные моменты тяговых сил, возникающих при изменении величины крутящего момента, а также силы тяжести, создаваемой осью автомобиля на роликовые установки в электрические сигналы.

«Сигналы от пьезоэлектрических датчиков поступают в аналого-цифровой преобразователь (АЦП), а затем в микропроцессорный контроллер и ПЭВМ, где они автоматически обрабатываются по специальной программе. По результатам измерений тяговых сил на колесах и фактической тяговой силе, развиваемой двигателем, оценивают величину механических потерь в трансмиссии. Результаты измерений и вычисленные значения представляются в виде графических и цифровых результатов на мониторе ПЭВМ и распечатываются в виде протокола измерений печатающим устройством.

Основным требованием, предъявляемым к конструкции стенда является возможность имитации разгона автомобиля под разной нагрузкой. Это достигается благодаря применению в конструкции стенда гидравлического нагружающего устройства.

Простота конструкции обеспечивается путем применения в механизме стандартных комплектующих и деталей, делающих конструкцию в целом ремонтпригодной в любых производственных условиях.

Стенд предназначен для контроля тяговых качеств транспортных средств с нагрузкой на ось до 1500 кг, что соответствует массе легковых автомобилей и микроавтобусов.» [12], [21]

## 2.2.4 Расчет основных параметров стенда тягово-динамических качеств легковых автомобилей

«Для выбора и конструирования оборудования подобного рода, необходимо определить его основные параметры. К основным параметрам силовых барабанов относятся:

- размеры беговых барабанов (диаметр и длина);
- расстояние между осями барабанов одной секции стенда;
- скорость вращения автомобильного колеса на стенде.

Диаметр барабана выбирается в зависимости от диаметра автомобильного колеса с целью обеспечения условий качения, приближенных к дорожным. Наименьшее проскальзывание и сопротивление качению колеса обеспечивается, если диаметр барабана  $d_6$  не менее 0,4 диаметра колеса  $d_k$ , т.е.:» [14], [23]

$$d_6 \geq 0,4 \cdot d_k \quad (39)$$

$$d_6 \geq 0,4 \cdot 700$$

$$d_6 = 280 \text{ мм}$$

Длина барабана зависит от типа и параметров автомобиля. Рекомендуется длину барабана определять по формуле:

$$l_6 = [(k_n - k_b) / 2] + a, \quad (40)$$

где  $k_n$  и  $k_b$  – величины внутренней и наружной колеи автомобиля соответственно, мм

$a$  – величина, учитывающая тип автомобиля, для легковых она равна 100 мм.

$$l_6 = [(1500 - 1000) / 2] + 100 = 350$$

«С учетом возможного увода, а также принимая во внимание существующие аналоги, принимаем длину барабана 500 мм.

Расстояние между осями барабанов определяет устойчивость на стенде и возможность самостоятельного съезда автомобиля с него. Под устойчивым положением подразумевается обеспечение контакта колес автомобиля с обоими барабанами. Расстояние между барабанами может быть определено по формуле:» [12]

$$l = (r_k + r_o) * \frac{2 * \varphi}{\sqrt{1 + \varphi^2}}, \quad (41)$$

«где  $\varphi = 0,64$  – коэффициент сцепления шины с поверхностью барабана, принимается для барабана с продольными канавками.» [16]

$$l = (350 + 140) * \frac{2 * 0,64}{\sqrt{1 + 0,64^2}} = 614,7$$

Принимаем  $l = 650$  мм.

«Исходя из рассчитанных выше нормальных реакций и крутящего момента, произведем расчет осей барабанов. Схема нагружения каждой из осей представлена на рисунке 12. Расчет производим сообразно с величиной большего изгибного момента.» [16]

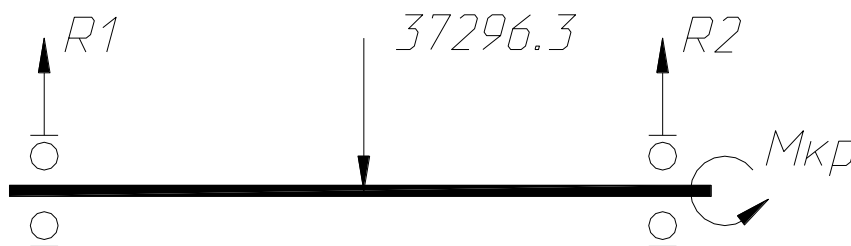


Рисунок 12 – Схема нагружения оси барабана

«Нагрузка от колеса автомобиля распределяется равномерно между парой опор, расположенных в местах опирания оси барабана на опоры, при этом нагрузка от каждого из колес должна рассчитываться как половина нагрузки на опоры от веса оси. Таким образом, реакция в каждой из пары опор будет составлять половину от общей величины нагрузки.» [16]

$$R = 37296,3 \cdot 0,5 / 2 = 9324,1 \text{ Н}$$

Тогда изгибной момент от данной нагрузки рассчитывается как:

$$M_{и} = R \cdot 0,4 \quad (42)$$

$$M_{и} = 9324,1 \cdot 0,4 = 3729,6 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

«Требуется определить минимальный требуемый диаметр оси барабана, исходя из известных приложенных к ней нагрузок, т.е. изгибающего и крутящего моментов. Определяется по следующей формуле:» [16]

$$d = \sqrt[3]{10 \sqrt{M_{и}^2 + M_{кр}^2} / [\sigma]}, \text{ мм} \quad (43)$$

где  $M_{кр} = 1250 \text{ Н}\cdot\text{м}$ , из условия мощности на барабане;

$M_{и} = 3729,6 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ;

$[\sigma] = 112,5 \text{ Мпа}$

$$d = \sqrt[3]{10 \sqrt{1295,44^2 + 4585,98^2} / [112,5]}$$

$$d = 70,4 \text{ мм}$$

Принимаем минимальный диаметр для оси барабана 72 мм.

«Произведем расчет необходимой величины инерционных масс, исходя из максимальной массы автомобиля с грузом 3000 кг, и максимальной скорости разгона на стенде  $v = 90$  км/час.

Сила инерции поступательно движущегося автомобиля рассчитывается как:» [15]

$$P_i = G * j, \quad (44)$$

«где  $G$  – вес автомобиля, кг,  $G = 3000$  кг

$j$  – ускорение, м/с<sup>2</sup>,  $j = 1,2$ , принимаем как усредненное значение для всех марок автомобилей (предполагаемых к испытанию) при разгоне до 50 км/час на третьей передаче.

Таким образом инерция разгона автомобиля составит» [16]

$$P_i = 30000 * 1,2 = 36000 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

«Для стенда момент инерции вращающихся масс будет равен сумме моментов 4-х барабанов и нагрузочного устройства, выполненного в виде блока маховых масс.

Общий момент инерции должен составить величину, равную рассчитанной выше величине инерции движущегося автомобиля.» [15], [20]

$$P_i = \frac{2 * I_1 + 2 * I_2 + I_{\text{масс}} * j}{r_{\text{бар}}}, \quad (45)$$

где  $r_{\text{бар}}$  – радиус барабана, принимаем для расчета  $r_{\text{бар}} = 0,14$  м

Ввиду разной конструкции барабанов, момент инерции их рассчитывается по-разному.

«Момент инерции барабана складывается из трех составляющих, момента инерции вала, дисков и собственно барабанов. Параметры барабанов приведены на рисунок 13.» [16]

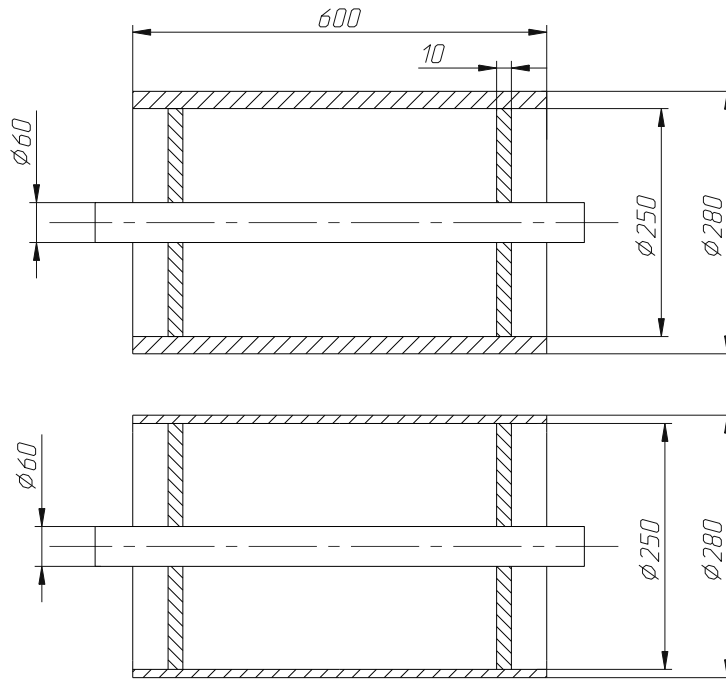


Рисунок 13 – Габаритные размеры барабанов

Масса оси составляет:

$$m = \pi \cdot r^2 \cdot l \cdot \rho, \quad (46)$$

где  $\rho = 7,81 \text{ г/см}^3$  – плотность стали

$l = 1,26 \text{ м}$  – длина вала

$$m = 3,14 \cdot 0,032 \cdot 1,26 \cdot 7810 = 47,25 \text{ кг}$$

Момент инерции вала

$$I_{\text{вала}} = m \cdot r^2 \quad (47)$$



$$I_{\text{вала}} = 47,25 \cdot 0,052 = 1,9 \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с}^2$$

«Масса диска составляет:

$$m = \pi \cdot (r^2 - r_{\text{в}}^2) \cdot l \cdot \rho, \quad (48)$$

где  $\rho = 7,81 \text{ г/см}^3$  – плотность стали

$l = 0,01 \text{ м}$  – толщина диска

$$m = 3,14 \cdot (0,1802 - 0,052) \cdot 0,01 \cdot 7810 = 7,33 \text{ кг}$$

Момент инерции диска

$$I_{\text{диска}} = m \cdot (r^2 - r_{\text{в}}^2) \quad (49)$$

$$I_{\text{диска}} = 73,3 \cdot (0,1802 - 0,052) = 2,1 \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с}^2$$

Масса барабана составляет:

$$m = \pi \cdot (r^2 - r_{\text{в}}^2) \cdot l \cdot \rho, \quad (50)$$

где  $\rho = 7,81 \text{ г/см}^3$  – плотность стали

$l = 0,8 \text{ м}$  – длина барабана» [15]

$$m = 3,14 \cdot (0,42 - 0,362) \cdot 0,8 \cdot 7810 = 596,4 \text{ кг}$$

Момент инерции барабана

$$I_{\text{барабана}} = m \cdot (r^2 - r_{\text{в}}^2) \quad (51)$$

$$I_{\text{барабана}} = 5964 \cdot (0,42 - 0,362) = 181,3 \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с}^2$$

Момент инерции барабана таким образом составляет:

$$I_1 = I_{\text{вала}} + 2 \cdot I_{\text{диска}} + I_{\text{барабана}} \quad (52)$$

$$I_1 = 1,9 + 2 \cdot 2,1 + 181,3 = 187,4 \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с}^2$$

Второй барабан стэнда отличается только толщиной барабана.  
Произведем расчет момента инерции барабана.

Масса диска составляет:

$$m = \pi \cdot (r^2 - r^2_{\text{в}}) \cdot l \cdot \rho, \quad (53)$$

где  $\rho = 7,81 \text{ г/см}^3$  – плотность стали

$l = 0,01 \text{ м}$  – толщина диска

$$m = 3,14 \cdot (0,1802 - 0,052) \cdot 0,01 \cdot 7810 = 7,33 \text{ кг}$$

Момент инерции диска:

$$I_{\text{диска}} = m \cdot (r^2 - r^2_{\text{в}}) \quad (54)$$

$$I_{\text{диска}} = 73,3 \cdot (0,1802 - 0,052) = 2,1 \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с}^2$$

Масса барабана составляет:

$$m = \pi \cdot (r^2 - r^2_{\text{в}}) \cdot l \cdot \rho, \quad (55)$$

где  $\rho = 7,81 \text{ г/см}^3$  – плотность стали

$l = 0,8 \text{ м}$  – длина барабана

$$m = 3,14 \cdot (0,42 - 0,382) \cdot 0,8 \cdot 7810 = 306,1 \text{ кг}$$

Момент инерции барабана:

$$I_{\text{барабана}} = m \cdot (r^2 - r^2_{\text{в}}) \quad (56)$$

$$I_{\text{барабана}} = 3061 \cdot (0,42^2 - 0,382^2) = 47,7 \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с}^2$$

Момент инерции барабана таким образом составляет:

$$I_2 = I_{\text{вала}} + 2 \cdot I_{\text{диска}} + I_{\text{барабана}} \quad (57)$$

$$I_2 = 1,9 + 2 \cdot 2,1 + 47,7 = 53,8 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Общий момент инерции барабанов составляет:

$$I_{\text{общ}} = 2 \cdot I_1 + 2 \cdot I_2 \quad (58)$$

$$I_{\text{общ}} = 2 \cdot 187,4 + 2 \cdot 53,8 = 482,4 \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с}^2$$

Тогда сила инерции барабанов, согласно формуле будет рассчитана как:

$$P_{\text{общ.бар}} = \frac{2 \cdot I_1 + 2 \cdot I_2}{r_{\text{бар}}} * j = \frac{482,4}{0,2} \cdot 1,2 = 2894,4 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

«Стенд тяговых качеств представляет собой конструкцию, включающую две пары барабанов 2, расположенных на раме 1 и кинематически связанных между собой посредством карданной передачи 5.» [8]

«Барабаны 2 через муфту 19 связываются с гидравлическим тормозом 3, который обеспечивает торможение при разгоне, создавая таким образом, эффект разгона автомобиля под нагрузкой, что позволяет получать

достоверные результаты. Также, будучи закрепленным балансирно на подшипниках вала 34, гидротормоз при разгоне автомобиля, под действием реактивного момента проворачивается, позволяя таким образом диагностировать значение величины крутящего момента на ведущих колесах и мощности.» [16]

«Гидротормоз представляет собой цилиндрическую закрытую полость, в которой расположены роторы 25, связанные с валом 34 и статоры 26, закрепляемые на наружном корпусе. Торможение производится за счет перемешивания поступающей в барабан жидкости, за счет трения жидкости между ротором 25 и статором 26. Гидротормоз собирается следующим образом. Собирается одна из боковин тормоза 24, на нее устанавливается корпус подшипников 23, с подшипником 36 в сборе, корпус 23 прикрепляется винтами, устанавливается ведущий вал 34. Затем на вал 34 одевается кольцо ротора 25. После этого на боковину 24 одевается одна из секций тормоза, прикручивается к боковине 24. После этого, одевается статор 26 и следующая секция 27. Для последующих пластин ротора последовательность повторяется.» [22]

В разделе произведен тяговый расчет транспортного средства. Определены показатели мощности и крутящего момента для двигателя автомобиля. Определены параметры передаточных чисел коробки передач. Рассчитано время и путь разгона транспортного средства. Рассчитаны показатели топливной экономичности транспортного средства. Сформулировано техническое задание на разрабатываемую конструкцию. В техническом задании дано описание разрабатываемой конструкции, даны технические характеристики на разрабатываемую конструкцию. В техническом предложении предложена конструкция стенда. Рассмотрены конструктивные схемы различных систем стенда. Выполнены необходимые силовые и прочностные расчеты узлов конструкции.

### **3 Разработка технологического процесса проверки тягово-динамических качеств автомобиля**

#### **3.1 Параметры проверки состояния ДВС и трансмиссии и конструктивные особенности стендов**

«Диагностирование технического состояния автомобиля имеет первостепенное значение. От исправности двигателя и трансмиссии зависят безопасность движения, топливная экономичность, продолжительность эксплуатации шин и долговечность ряда агрегатов и механизмов автомобиля.

Техническое состояние двигателя, как и автомобиля в целом, не остается постоянным в процессе продолжительной эксплуатации. В период обкатки по мере приработки трущихся поверхностей уменьшаются потери на трение, увеличивается эффективная мощность двигателя, уменьшается расход топлива, снижается угар масла. Далее наступает довольно продолжительный период, при котором техническое состояние двигателя практически неизменно.» [5]

«По мере износа деталей увеличивается прорыв газов через поршневые кольца, падает компрессия в цилиндрах, увеличивается утечка масла через зазоры в соединениях и падает давление в системе смазки. Следовательно, постоянно уменьшается эффективная мощность двигателя, увеличивается расход топлива, возрастает расход масла.

В процессе длительной эксплуатации наступает период, когда техническое состояние двигателя не позволяет ему нормально выполнять свои функции. Такое состояние двигателя может возникнуть значительно раньше в результате плохого ухода или тяжелых условий эксплуатации.» [2]

«Техническое состояние двигателя определяется: тяговыми качествами автомобиля, расходом топлива, расходом масла, компрессией в цилиндрах двигателя, шумностью работы двигателя. Наиболее объективно оценить техническое состояние двигателя можно при проверке его на стенде,

оборудованном нагрузочным устройством и др. Однако для этого его необходимо демонтировать с автомобиля, что связано с затратой времени и средств.

Стенды тяговых качеств (СТК) служат для комплексного диагностирования автомобиля по таким основным показателям его эксплуатационных свойств, как мощность и топливная экономичность. Они позволяют имитировать в стационарных условиях тестовые нагрузочные и скоростные режимы работы автомобиля. При этом чаще всего используют следующие диагностические параметры: мощность на ведущих колесах (колесная мощность), крутящий момент (или тяговое усилие) на ведущих колесах; линейная скорость на окружности роликов; удельный расход топлива; эффективная мощность двигателя; момент сопротивления (сила сопротивления вращению) колес и трансмиссии; время выбега; время (или путь) разгона; ускорение (замедление) при разгоне (выбеге).» [3]

«Кроме того, тяговые стенды позволяют проводить ряд работ, связанных с углубленным поэлементным диагностированием автомобиля. Например, с использованием стробоскопической лампы определяют буксование муфты сцепления, по скорости вращения барабана оценивают исправность спидометра, прослушиванием и осмотром трансмиссии, работающей под нагрузкой, выявляют неисправности отдельных ее узлов и деталей и т.п.» [5]

«По способу нагружения (типу нагрузочных устройств) стенды подразделяют на инерционные, силовые и инерционно-силовые (комбинированные). В соответствии с типом нагрузочных устройств существуют два режима диагностирования: скоростной и нагрузочный. Скоростной режим реализуется на инерционных стендах в процессе разгона инерционной системы автомобиль-стенд. Нагрузочный режим диагностирования, характеризующийся постоянством скорости и тормозных сил на беговых барабанах в момент диагностирования, осуществим только на стендах, оборудованных тормозными нагрузочными устройствами.» [3]

«В инерционных стендах в качестве маховых масс используют массы барабанов стенда и специальные маховики, соединенные с барабанами через редуктор. При разгоне барабанов ведущими колесами автомобиля маховые массы оказывают сопротивление, равное моменту инерции стенда. Чем больше колесная мощность автомобиля, тем меньше путь  $s$  и время  $t$ ; разгона инерционных масс в установленном скоростном диапазоне.

В силовых стендах тяговых качеств могут быть использованы фрикционное тормозное устройство, гидравлический тормоз, электродвигатель переменного или постоянного тока, работающий в режиме генератора, и электродинамический тормоз. Независимо от конструктивного исполнения все тормозные устройства имеют ротор, соединенный с беговым барабаном, статор, который, как правило, крепится балансирно.

Наибольшее распространение в настоящее время получили электродинамические стенды, обладающие целым рядом положительных качеств:

- наибольший диапазон скоростных и нагрузочных режимов;
- меньшие габариты и стоимость;
- надежность и простота в эксплуатации;
- экономичность в потреблении энергии.

Основным преимуществом нагрузочного устройства электродвигатель-генератор является возможность их использования для прокручивания трансмиссии с целью определения ее механических потерь и «компрессирования» двигателя.» [5]

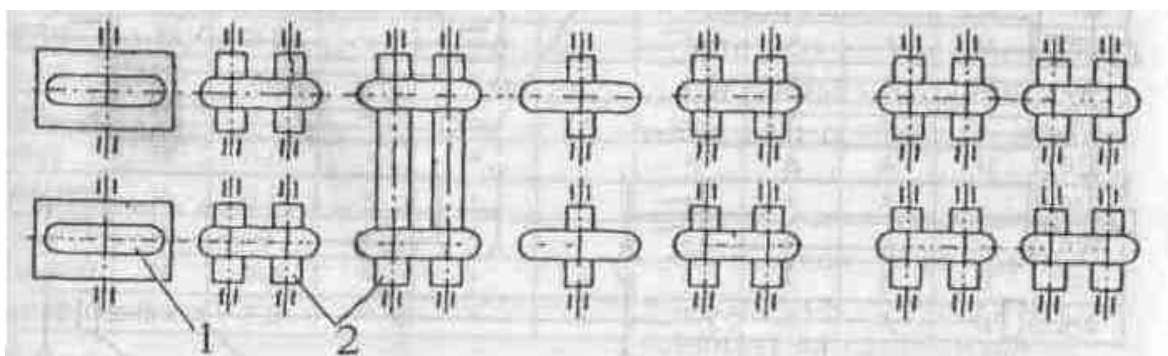
«В зависимости от типа нагрузочного устройства- и других конструктивных особенностей стенды тяговых качеств позволяют измерить полностью или частично следующие диагностические параметры:

- скорость автомобиля;
- мощность колесную;
- крутящий момент или тяговую силу на колесах;
- время разгона (выбега);

- частоту вращения коленчатого вала двигателя;
- расход топлива;
- мощность механических потерь в трансмиссии.» [2]

«По типу диагностируемых автомобилей различают стенды для легковых, грузовых автомобилей и автобусов. Основными показателями здесь являются реализуемая тяговая сила (мощность), скорость и нагрузка на ось. Бывают также стенды универсальные, то есть предназначенные для нескольких типов автомобилей. Существенно различаются конструкции СТК по типу опорноприводных устройств (рисунок 14):

- однобарабанное;
- двухбарабанное под каждое колесо ведущей оси (получили наибольшее распространение);
- двухбарабанное под колеса ведущей оси;
- трех- и четырехбарабанное для автомобилей с двумя ведущими осями.» [5]



а— однобарабанное, б— двухбарабанное под каждое колесо, в — двухбарабанное под колеса ведущей оси, г — трехбарабанное для двух ведущих осей, д— четырехбарабанное для двух ведущих осей

Рисунок 14 – Типы опорно-приводных устройств



### **3.2 Технологический процесс диагностирования тягово-динамических качеств автомобиля**

«На специализированном стенде предполагается проверка тяговых качеств автомобиля. Автомобиль, поступив на пост, закрепляется, после чего производится замер по всем основным параметрам в соответствии с методикой проведения замера. После формирования отчета об имеющихся неисправностях производятся все необходимые регулировки или ремонт.

Перед началом каждого испытания температура масла в картере двигателя должна быть не ниже +80 и не выше +100°C. Необходимо иметь в виду, что проверке могут подвергаться двигатели после пробега не менее 5000 км. Перед испытаниями следует проверить и при необходимости привести в исправное состояние ходовую часть автомобиля (схождение и развал передних колес, регулировку тормозов, давление воздуха в шинах и др.). Готовность автомобиля для испытаний устанавливается определением пути его свободного качения (выбега).» [5]

«Перед испытаниями необходимо убедиться в нормальной регулировке двигателя. Двигатель и агрегаты шасси перед началом испытаний должны быть прогреты пробегом автомобиля на средних скоростях в течение 30 мин.

Тяговые качества проверяют путем определения максимальной скорости автомобиля. Максимальную скорость определяют на высшей передаче путем заезда с ходу. Разгон автомобиля должен быть достаточным для достижения автомобилем к моменту выезда на мерный участок установившейся (максимальной) скорости.

Время прохождения автомобилем мерного участка устанавливают по секундомеру, который включают и выключают в моменты прохождения мимо километровых столбов, ограничивающих мерный участок. За действительное значение максимальной скорости автомобиля принимают среднее арифметическое из скоростей, полученных при двух заездах во взаимно

противоположных направлениях, выполненных непосредственно один за другим. Скорость автомобиля, км/ч:» [4]

$$v = 3600/T, \quad (59)$$

где  $T$  — время прохождения километрового мерного участка, с.

«Для полноты оценки тяговых качеств следует проверить время разгона автомобиля с места до достижения скорости 100 км/ч с последовательным переключением передач при тех же условиях, что и в предыдущем случае (тепловое состояние двигателя, нагрузка автомобиля, дорога, атмосферные условия и др.).

Автомобиль разгоняют с места на 1 передаче энергичным нажатием на педаль управления дроссельной заслонкой. Трогание с места должно быть плавным. Передачи переключают быстро и бесшумно при наиболее оптимальных режимах. По результатам замеров подсчитывают среднее время. Снижение максимальной скорости автомобиля до 10% и увеличение времени разгона до 15% при исправной ходовой части указывает на недостаточную мощность двигателя и на необходимость устранения отдельных неисправностей или ремонта.

Проверка экономических качеств автомобиля. Эксплуатационный расход топлива является одним из параметров, характеризующих общее техническое состояние двигателя. В большой степени он зависит от дорожных и климатических условий, режима движения (скорость, нагрузка, дальность и частота поездок) и совершенства вождения автомобиля (квалификация водителя). В связи с этим нельзя с достаточной объективностью судить о техническом состоянии автомобиля по эксплуатационному расходу топлива и тем более о техническом состоянии двигателя, так как на расход топлива существенно влияет состояние ходовой части автомобиля.» [17]

«Объективным показателем технического состояния двигателя служит контрольный расход топлива. Замер контрольного расхода заключается в

определении расхода топлива (л/100 км) при скорости движения автомобиля 90 км/ч с технически исправной ходовой частью при соблюдении условий испытания, изложенных выше. При этом топливо в карбюратор следует подавать из специальных мерных колб.

Замеры проводят лишь после того, как полностью установится нормальный тепловой режим двигателя. Подсчитанный расход относится к заданной скорости. Действительная скорость не должна отличаться от заданной более чем на  $\pm 1$  км/ч. Если контрольный расход топлива не превышает 8,5 л/100 км, что свидетельствует об исправности двигателя.» [4]

«Эксплуатационный расход масла двигателем измеряют обычно за пробег автомобиля в период между заменами масла при режимах движения, которые характерны для нормальной эксплуатации.

Расход масла определяют его взвешиванием до и после пробега с учетом доливок. Масло сливают в горячем состоянии (не ниже 60°C) при открытой маслозаливной горловине в течение 10 мин для полного отекания масла со стенок картера. При сливе так же, как и при заливке масла, автомобиль должен находиться в горизонтальном положении. Можно также измерить расход масла путем определения убыли масла в системе, дополняя его до первоначального уровня (до верхней риски маслоизмерителя) из заранее взвешенной емкости.

Расход масла вычисляется как среднее значение за пробег и выражается в граммах на 100 км пути:» [17]

$$Q = 100(Q_1 - Q_2 + Q_3) / L \quad (60)$$

«где  $Q_1$  — залитое в картер двигателя масло, г,

$Q_2$  — слитое из картера масло, г;

$Q_3$  — долитое масло за период проверки, г;

$L$  — пробег за период проверки (обычно между двумя сменами масла), км.» [4]

«При необходимости определения расхода масла за более короткое время эксплуатации автомобиля можно ограничиться пробегом 200 км (не менее) при режиме равномерного движения со скоростью 70...80 км/ч.

По шумности работы двигателя при достаточном навыке можно судить о его техническом состоянии. На слух могут быть выявлены увеличенные зазоры в сопряжениях, случайные поломки и ослабление крепежных деталей.»  
[17]

Технологическая карта на проведение испытательных работ проверки тягово-динамических характеристик автомобиля представлена в таблице 6.

Таблица 6 - Технологическая карта на проведение процесса диагностики тяговых качеств автомобиля

Наименование операции, перехода	Место выполнения	Исполнитель	Оборудование	Трудоемкость	Примечание
1	2	3	4	5	6
1 Подготовка автомобиля	Пост ожидания	Слесарь 3-го разряда			
1.1 Проверить остаточную высоту рисунка протектора	То же	То же	Измерительный щуп	1,0	Не менее 1,5 мм
1.2 Проверить давление в шинах	-	-	Манометр	0,5	Не менее 2,2 Мпа
1.3 Проверить загруженность автомобиля	-	-		0,5	Нагрузка должна соответствовать заводской инструкции
2 Подготовка стенда	Пост диагностики	Мастер-диагност			
2.1 Осмотреть стенд и барабаны	То же	То же		0,5	Наличие масла и влаги на барабанах не допускается
2.2 Включить пульт управления	-	-		0,3	
2.3 Проверить работоспособность стенда	-	-		0,5	Только при каждом новом включении стенда

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6
3 Постановка автомобиля на стенд	-	Водитель-перегонщик			
3.1 Установить автомобиль передними колесами на центр барабанов	-	То же		0,5	
3.2 Зафиксировать автомобиль	-	Слесарь 3-го разряда		1,0	Убедиться в полной фиксации автомобиля
4 Произвести замеры					
4.1 Произвести разгон автомобиля до 80 км/ч		Мастер-диагност		0,5	По возможности быстро переключая передачи
4.2 Произвести замер времени разбега		То же		0,1	
4.3 Выжать сцепление		Мастер-диагност		0,1	Убрать ногу с педали газа, переключиться на «нейтраль»
4.4 Замерить время выбега				0,5	От момента нажатия на сцепления, до момента полной остановки
4.5 Сделать выводы о работоспособности автомобиля					
5 Освободить стенд	-				
5.1 Произвести расфиксирование автомобиля	-	Слесарь 3-го разряда		0,5	
5.2 Поднять площадки стенда	-	Мастер-диагност		0,5	
5.3 Осуществить съезд автомобиля со стенда		Водитель-перегонщик			

Результатом выполнения раздела явилась разработка комплексного технологического процесса проведения испытаний тягово-динамических характеристик автомобиля. Выявлены основные параметры проверки автомобиля. Разработана технология проведения испытаний автомобиля на разработанном стенде. На основе сформированной последовательности выполнения работ была сформирована технологическая карта на проведение ресурсных испытаний. Результаты разработки представлены в виде технологической карты на листе графической части.

## **4 Охрана труда и безопасность объекта проектирования**

### **4.1 Характеристика объекта проектирования (технологического процесса сборочных работ)**

В разделе безопасности и охраны труда рассматривается технологический процесс проведения сборочных работ. В качестве технологического процесса принимается сборка и монтаж стенда испытания автомобилей. Работы производятся на сборочной площадке сборочного участка. Сборка стенда ведется на оборудованной канаве, поскольку для проведения работ необходим доступ к коммуникациям стенда. В работе используется специализированный инструмент и приспособления, а также прессовое и подъемное оборудование. Все вышеописанное требует условий по охране труда, поскольку их использование может повлечь риск получения травмы или потерю трудоспособности при нарушении правил и требований к проведению работ.

### **4.2 Идентификация профессиональных рисков**

Идентификация профессиональных рисков проводится в соответствии с нормативными документами и государственными стандартами. Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» можно выделить следующие производственные риски, характерные для рассматриваемого участка.

«Вредные производственные факторы по воздействию на организм работающего человека, на участке можно отметить:

- факторы, приводящие к хроническим заболеваниям, в том числе усугубляющие уже имеющиеся заболевания, за счет длительного относительно низкоинтенсивного воздействия;
- факторы, приводящие к острым заболеваниям (отравлениям,

поражениям) или травмам за счет кратковременного относительно высокоинтенсивного воздействия» [6]

«Опасные производственные факторы по воздействию на организм работающего человека, на участке можно отметить:

- факторы, приводящие к смертельным травмам (летальному исходу, смерти);
- факторы, приводящие к несмертельным травмам.

Опасные и вредные производственные факторы по характеру своего происхождения, на участке можно отметить:

– факторы, порождаемые физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды;

– факторы, порождаемые химическими и физико-химическими свойствами используемых или находящихся в рабочей зоне веществ и материалов;

– факторы, порождаемые социально-экономическими и организационно-управленческими условиями осуществления трудовой деятельности (плохая организация работ, низкая культура безопасности и т.п.);

– факторы, порождаемые психическими и физиологическими свойствами и особенностями человеческого организма и личности работающего (плохое самочувствие работника, нахождение работника в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения или абсистенции, потеря концентрации внимания работниками и т.п.).» [6]

«Опасные и вредные производственные факторы по характеру их изменения во времени подразделяют, на участке можно отметить:

- на постоянные, в том числе квазипостоянные;
- переменные, в том числе периодические;
- импульсные, в том числе регулярные и случайные.» [6]

«Опасные и вредные производственные факторы по характеру их действия во времени подразделяют:

- на постоянно действующие;
- периодически действующие, в том числе интермиттирующие;
- апериодически действующие, в том числе стохастические.

Опасные и вредные производственные факторы по непосредственности своего воздействия подразделяют:

- на непосредственно воздействующие на организм занятого трудом человека;
- опосредованно воздействующие на организм занятого трудом человека через другие порождаемые ими и непосредственно воздействующие на организм занятого трудом человека факторы.

Опасные и вредные производственные факторы производственной среды по источнику своего происхождения подразделяют:

- на природные (включая климатические и погодные условия на рабочем месте);
- технико-технологические;
- эргономические (то есть связанные с физиологией организма человека).

Опасные и вредные производственные факторы производственной среды по природе их воздействия на организм работающего человека подразделяют:

- на факторы, воздействие которых носит физическую природу;
- факторы, воздействие которых носит химическую природу;
- факторы, воздействие которых носит биологическую природу.» [6]

«Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами физического воздействия на организм работающего человека, подразделяют на следующие типичные группы:

- опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами



и энергией механического движения, в том числе в поле тяжести:

- действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение работающего, стоящего на опорной поверхности, на эту же опорную поверхность;

- действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение работающего с высоты;

- неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним, а также жала насекомых, зубы, когти, шипы и иные части тела живых организмов, используемые ими для защиты или нападения, включая укусы;

- опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации; повышенным уровнем локальной вибрации;

- опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума; повышенным уровнем инфразвуковых колебаний (инфразвука);

- отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения;

- отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения;

- повышенная яркость света;

- пониженная световая и цветовая контрастность;

- прямая и отраженная блескость;

- повышенная пульсация светового потока» [6]

«Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека, подразделяют:

- на физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса;
- нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса.

Физические перегрузки подразделяют:

- на статические, связанные с рабочей позой;
- динамические нагрузки, связанные с массой поднимаемого и перемещаемого вручную груза;
- динамические нагрузки, связанные с повторением стереотипных рабочих движений.

Физические перегрузки организма работающего, связанные с тяжестью трудового процесса, в целях оценки условий труда, разработки и принятия мероприятий по их улучшению характеризуются такими показателями, как:»

[6]

- физическая динамическая нагрузка;
- масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную;
- стереотипные рабочие движения;
- статическая нагрузка;
- рабочая поза;
- наклоны корпуса тела работника;
- перемещение в пространстве.

«Нервно-психические перегрузки подразделяют:

- монотонность труда, вызывающая монотонию;
- эмоциональные перегрузки.» [9]

Выявленные профессиональные риски являются характерными для сборочного производства и тех условий труда, в которых производится работа.

Следовательно, указанные риски являются в применении средств и методов охраны труда для нейтрализации негативных последствий.

### **4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков**

Методы снижения профессиональных рисков в целом направлены на нейтрализацию негативных последствий, вызываемых негативным воздействием.

«Для предотвращения угроз профессиональной безопасности при управлении профессиональными рисками необходимо применять ко всем видам деятельности, связанными с опасностями, средства оперативного контроля. В качестве примеров выбора дополнительных мер управления профессиональными рисками можно рассмотреть:

- модификацию конструкции, позволяющую ликвидировать опасность, например, использование механических подъемных устройств для исключения профессионального риска, связанного с ручными подъемными операциями;
- замену опасного материала на менее опасный или уменьшение энергии системы (например, снижение усилий, силы тока, давления, температуры и т.п.);
- средства коллективной защиты: сигнализации, предупредительные надписи и знаки безопасности, маркировка пешеходных дорожек и т.д.;
- административные меры управления: процедуры обеспечения безопасности, проверки оборудования, контроль доступа, системы обеспечения безопасности работы, инструктажи по охране труда и т.д.;
- обеспечение работника дополнительными средствами индивидуальной защиты: очки защитные, средства защиты органов слуха, щитки защитные лицевые, респираторы, перчатки и т.д.» [8]

«Для обеспечения эффективной работы по идентификации опасностей и оценки профессиональными рисками, а также использования процессов обмена информацией и консультаций, заведующий обеспечивает:

- обмен информацией и консультирование в отношении рисков для безопасных условий труда и здоровья между различными уровнями, а также с работниками сторонних организаций;
- документирование соответствующих обращений внешних заинтересованных сторон, а также ответа на них.» [18]

В частности, снизить негативное воздействие профессиональных рисков или полностью устранить их воздействие можно следующими методами, для простоты восприятия сведенными в таблицу 7.

Таблица 7 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
1	2	3
Факторы, приводящие к заболеваниям	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Использование спецодежды Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания
Факторы, порождаемые физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды;	Применение средств коллективной защиты (нанесение предупреждающих надписей, информационных табличек, меток и т.д.) Модификация конструкции с целью снижения рисков	Применение низковольтных ламп в сетях освещения Использование спецодежды
Факторы, порождаемые химическими и физико-химическими свойствами используемых или находящихся в рабочей зоне веществ и материалов;	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Использование спецодежды Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания

Продолжение таблицы 7

1	2	3
Факторы, порождаемые социально-экономическими и организационно-управленческими условиями осуществления трудовой деятельности	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда	Не предусмотрено
Факторы, порождаемые психическими и физиологическими свойствами и особенностями человеческого организма и личности работающего	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда Обеспечение смены рода деятельности в течении дня	Не предусмотрено
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Защитные и вибропоглощающие перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники.
Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования)	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды Административные меры обеспечения безопасности труда	Защитные перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники. Проведение инструктажа по правилам ТБ на производстве
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды Административные меры обеспечения безопасности труда	Защитные и вибропоглощающие перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники.
Отсутствие или недостаток необходимого освещения	Обеспечение индивидуальных средств освещения рабочего места Разработка и прокладка осветительных сетей	Индивидуальные переносные фонари и осветительные лампы

Продолжение таблицы 7

1	2	3
Физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса;	Административные меры обеспечения безопасности труда Механизация работ Внедрение в рабочий процесс машин и механизмов, заменяющих ручной труд	Проведение инструктажа по правилам ТБ на производстве
Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда Обеспечение смены рода деятельности в течении дня	Не предусмотрено

Разработанные мероприятия по снижению негативного воздействия производственных рисков на работающих значительно снижают негативные последствия. Между тем, значительного результата можно достичь исключительно комплексным подходом к вопросу защиты рабочих в условиях сборочного цеха, когда административные и инженерные мероприятия дополняют и усиливают действия друг друга.

#### 4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Обеспечение пожарной безопасности является важным элементом безопасности всего предприятия. Огонь наиболее опасный фактор при проведении работ, что особенно актуально для предприятия автомобильной промышленности, где используется большое количество легковоспламеняющихся жидкостей и материалов, которые могут послужить негативным фактором возникновения пожара.

Факторы пожарной опасности приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Факторы пожарной опасности на участке и их классификация

Класс пожара	Источник пожарной опасности	Опасные факторы пожара	Способ тушения
<p>А – горение твердых веществ</p> <p>A1 – горение твердых материалов, сопровождаемое тлением</p> <p>A2 – горение твердых материалов, не сопровождаемое тлением</p>	<p>горючие твердые вещества, ветошь и обтирочный материал искры от режущего абразивного инструмента, открытое пламя газовых горелок, электрическая дуга и искры сварочного оборудования</p>	<p>Задымление помещения, высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения</p>	<p>Все виды огнетушащих веществ: вода, пена, порошки, хладоны</p>
<p>В – горение жидких веществ</p> <p>В2 – горение неполярных горючих и легковоспламеняющихся жидкостей и плавящихся при нагреве веществ</p>	<p>топливо, мазут, консистентные смазки и технические жидкости</p>	<p>Задымление помещения, высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения, объемное горение, взрыв</p>	<p>пена; тонкораспыленная вода; хладоны; огнетушащие порошки общего назначения; аэрозольное пожаротушение и инертные разбавители: N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, и т.п.</p>
<p>С - горение газообразных горючих веществ</p>	<p>сварочные газы, метан</p>	<p>Высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения, объемное горение, взрыв</p>	<p>объемное тушение и флегматизация газовыми составами; огнетушащие порошки общего назначения; пены, вода (для охлаждения оборудования)</p>

Для обеспечения пожарной безопасности на участке, требуется принятие противопожарных мероприятий, имеющих как организационный, так и инженерный характер. К таковым мероприятиям на участке сборки будут относиться:

- разработка комплекса норм и правил по обращению с горючими веществами и правил поведения персонала при проведении огневых работ и работ, связанных с горючими материалами;

- проведение регулярного инструктажа работников, с целью доведения информации о правилах проведения работ, связанных с горючими материалами и соблюдения норм пожарной безопасности;

- организация внутрипроизводственной пожарной охраны, осуществляющей функции надзора за соблюдением норм и правил по обращению с горючими веществами, а также норм и правил соблюдения противопожарной безопасности;

- организация хранения горючих и пожароопасных материалов в соответствии с их физико-химическими и противопожарными свойствами;

- оснащение участка средствами наблюдения и сигнализации за пожарной ситуацией, проведение инструктажа персонала о поведении в случае срабатывания пожарной сигнализации;

- оснащение участков средствами первичного пожаротушения в соответствии с классом возможного пожара.

#### **4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта**

Рассматриваемый участок не относится к категории производств, представляющих повышенную антропогенную опасность для окружающей среды. Тем не менее, участок, как и любое производство производит отходы, образующиеся в результате своей деятельности, которые могут выступать в роли загрязнителей, поэтому требуется их определение. К загрязняющим отходам следует отнести следующее:



- отходы сборочного производства (обрезки листового металла, обрезки пластика);
- смыв с рук рабочих смазочных материалов и растворителей;
- металлическая и абразивная пыль, окалина, образующиеся в результате обработки элементов кузова;
- ветошь и обтирочные материалы, остающиеся после протирки деталей и очистки рук работников сборочного участка.

В качестве мероприятий, обеспечивающих требования экологической безопасности, принимаются следующие:

- утилизация отходов в соответствии с классами опасности;
- очистка сточных вод перед сливом их в канализационный коллектор от остатков ГСМ и растворителей;
- «соблюдение требований, предъявляемых к размещению, строительству и эксплуатации потенциально опасных объектов, а также к осуществлению потенциально опасной деятельности» [8]

#### **4.6 Меры безопасности при эксплуатации стенда для испытания автомобилей**

Для упреждения влияния травмоопасных факторов при работе со стендом для испытания автомобилей необходимо, перед проведением работ проводить инструктаж по разработанной ниже инструкции.

Общие требования безопасности.

- К обслуживанию стенда допускаются лица не моложе 18 лет годные по состоянию здоровья и прошедшие все виды инструктажей: вводный, текущие, на рабочем месте.
- На рабочем месте соблюдать дисциплину труда.
- Рабочее место должно быть свободно от посторонних предметов.
- Во время работы рабочие должны соблюдать личную гигиену.
- Рабочие должны уметь оказывать первую медицинскую помощь.

Требования безопасности во время работы:

- закреплять испытываемые автомобили на стенд с помощью страховочных ремней.
- При работе использовать маслозащитную одежду.
- При загрязнении рук нельзя мыть руки топливом (бензин, солярка)
- Рабочие должны следить, чтобы в зоне работ не входили посторонние люди.

Требования безопасности по окончании работы:

- При окончании работы оборудование в котором используется электроэнергия необходимо отключить от сети.
- Используемое оборудование должно быть очищено и уложено на место.
- При наличии неисправностей устранить.
- Привести в порядок спецодежду, убрать ее в отведенное место.
- Требования безопасности в чрезвычайных ситуациях.
- При отключении электроэнергии рабочие обязаны отключить оборудование.
- При возгорании в зоне работ тушить установку углекислотным огнетушителем.

В разделе был произведен анализ деятельности на сборочном участке предприятия, осуществляющем сборку стенда для испытания автомобилей. Выявлены вредные и опасные производственные факторы, произведена их классификация. В соответствии с выявленными факторами произведена разработка мероприятий по снижению их воздействия на рабочих, либо их полной нейтрализации.

Разработаны мероприятия по снижению пожарной опасности, в соответствии с выявленными классами пожарной опасности.

Разработаны мероприятия по снижению антропогенного воздействия предприятия на окружающую среду.

## **5 Экономический раздел дипломного проекта**

### **5.1 Анализ объекта дипломного проектирования**

В дипломном проекте была произведена разработка стенда испытания автомобиля. В разделе рассчитывается себестоимость изготовления тормоза стенда.

Сама конструкция может быть изготовлена в условиях мелкосерийного производства. В процессе производства применяются операции литейные, токарные, фрезерные, шлифовальные. Работы проводятся в условиях специализированного предприятия. Также в условиях специализированного предприятия производится монтаж разработанного узла.

В экономическом разделе дипломного проекта необходимо произвести расчет себестоимости конструкции. Себестоимость будет являться отражением экономических затрат на производство, понесенных предприятием в процессе изготовления конструкции. Поэтому, расчет себестоимости будет являться главным показателем того, насколько разработанная конструкция будет влиять на стоимость изделия в целом.

### **5.2 Исходные данные для расчета**

Исходные данные для расчета экономических показателей проекта сведем для удобства восприятия в таблицу 9. В таблице отражены основные параметры и значения, используемые при расчете себестоимости производимого узла в условиях мелкосерийного производства.

Таблица 9 – Исходные данные для экономического расчета

Наименование	Обозначение	Значение
Годовая программа, шт	ПР <sub>год</sub>	1000
Штучное время сборки, мин	ВР <sub>шт</sub>	69,88
Часовая ставка заработной платы: 3 разряд	С <sub>час</sub>	160,45
4 разряд		185,25
5 разряд		210,30
6 разряд		250,50
Доплата часового фонда, %	Кд	8
Доплата за профессиональный навык, %	Кпф	12
Доплата за вредные условия труда, %	Квр	12
Премияльный фонд, %	Прем	20
Отчисления в фонд социального страхования, %	ФСС	30
Транспортно-заготовительные расходы, %	К <sub>т-з</sub>	3
Содержание и эксплуатация оборудования, %	К <sub>с-эк</sub>	4
Общие производственные расходы, %	ОПР	25
Расходы на общую хозяйственность, %	ОХД	30
Внепроизводственные расходы, %	ВПР	3

Общие исходные данные будут использованы при выполнении расчетов

### 5.3 Расчет затрат на материалы

Произведем расчет материальных затрат, которые предприятие несет в процессе производства коробки отбора мощности. Расчет выполняется исходя из разработанной технологии производства конструкции, а также исходя из информации о конструкторских особенностях. Результаты расчета сведем в таблицу 10.

Таблица 10 – Расчет материальных затрат на производство

Материал	Единицы	Расход	Цена, руб	Сумма, руб.
1	2	3	4	5
Заготовка поковка	кг	8	230,20	1841,60
Чугун литейный	кг	12	180,00	2160,00
Двугавр 16	кг		13,50	0,00
Грунтовка	кг	0,1	75,00	7,50
Краска	кг	0,2	120,00	24,00
Круг сортовой Сталь 45, d = 120	кг	6	95,00	570,00
Круг сортовой Сталь 45, d = 60	кг	4	95,00	380,00
Круг сортовой Сталь 45, d = 40	кг	4,25	95,00	403,75
Круг, бронза	кг	2,5	750,50	1876,25
Масло промышленное	кг	0,5	115,00	57,50
Прочие				750,00
ИТОГО				8070,60
Транспортно-заготовительные расходы				242,12
ВСЕГО				8312,72

Рассчитана общая сумма затрат на материалы.

#### 5.4 Расчет затрат на покупные изделия и полуфабрикаты

Произведем расчет затрат на приобретение покупных изделий и полуфабрикатов, которые предприятие несет в процессе производства коробки отбора мощности. Расчет выполняется исходя из информации о конструкторских особенностях. Результаты расчета сведем в таблицу 11.

Таблица 11 – Затраты на покупные изделия и полуфабрикаты

Покупные изделия и полуфабрикаты	Количество	Цена, руб.	Сумма, руб.
1	2	3	4
Болты М10	8	25,00	200,00
Болты М8	8	14,00	112,00
Винты М8	10	10,00	100,00
Подшипник 305 ГОСТ 5720-75	2	350,00	700,00
Подшипник 302 ГОСТ 5720-76	4	275,00	1100,00

Продолжение таблицы 11

1	2	3	4
Шайбы	26	0,50	13,00
Прочие			350,00
ИТОГО			2575,00
Транспортно-заготовительные расходы			77,25
ВСЕГО			2652,25

Рассчитана общая сумма затрат на покупные изделия и полуфабрикаты, затрачиваемые на производство конструкции.

### 5.5 Расчет затрат на заработную плату

Произведем расчет затрат заработную плату и сопутствующие издержки, таких как цеховые и производственные расходы, которые предприятие несет в процессе производства коробки отбора мощности. Расчет выполняется исходя из информации о технологии производства изделия. Результаты расчета сведем в таблицу 12.

Таблица 12 – Расчет затрат на заработную плату

Операция	Разряд	Трудоемкость, ч/час	Тарифная ставка	Заработная плата
Литейная	5	8,0	210,30	1682,40
Сварочная	5	12,0	210,30	2523,60
Токарная	6	8,0	250,50	2004,00
Фрезерная	6	8,0	250,50	2004,00
Шлифовальная	6	4,0	250,50	1002,00
Долбежная	5	10,0	210,30	2103,00
Термическая	5	2,5	210,30	525,75
Сверлильная	4	0,5	185,25	92,63
Слесарная	4	0,5	185,25	92,63
Сборочная	4	1,1	185,25	203,78
Окрасочная	3	1,0	160,45	160,45
Испытательная	5	1,5	210,30	315,45
ИТОГО				12709,68
Премииальные доплаты				3050,32
Основная заработная плата				15760,00

Рассчитана общая сумма затрат на основную заработную плату, затрачиваемые на производство единицу конструкции. Дальнейшие затраты рассчитываются исходя из суммы основной заработной платы.

Затраты по дополнительной заработной плате рассчитываются по формуле:

$$\text{ДОП}_{\text{зп}} = \text{Зосн} \cdot \text{Кд}, \quad (61)$$

где Кд – доплата часового фонда, Кд = 8%

$$\text{ДОП}_{\text{зп}} = 15\,760 \cdot 0,08 = 1\,260,00 \text{ руб}$$

Засчитаем затраты на отчисления в фонд социального страхования:

$$\text{СОЦ} = (\text{Зо} + \text{ДОП}_{\text{зп}}) \cdot \text{ФСС} \quad (62)$$

где ФСС – Отчисления в фонд социального страхования, ФСС = 30%

$$\text{СОЦ} = (15\,760,00 + 1\,260,00) \cdot 0,30 = 5\,106,24 \text{ руб}$$

Произведем расчет общепроизводственных расходов:

$$\text{Робщ} = \text{Зо} \cdot \text{ОПР} \quad (63)$$

где ОПР – общие производственные расходы, ОПР = 25%

$$\text{Робщ} = 15\,760,00 \cdot 0,25 = 3\,940,00 \text{ руб}$$

Произведем расчет общехозяйственных расходов:

$$\text{Рохр} = \text{Зо} \cdot \text{ОХД} \quad (64)$$

где ОХД – коэффициент общехозяйственных расходов, ОХД = 30%

$$\text{Рохр} = 15\,760,00 \cdot 0,3 = 4\,728,00 \text{ руб}$$

Расчет себестоимости коробки отбора мощности представим в таблице

Таблица 13 – Себестоимость разработанной КОМ

Статьи затрат	Значение	
	Сумма	%
Сырье и материалы	8312,72	13,9%
Покупные изделия и полуфабрикаты	2652,25	4,4%
Зарплата основная	15760,00	26,3%
Зарплата дополнительная	1260,80	2,1%
Отчисления на соцстрах	5106,24	8,5%
Расходы на содержание оборудования	16390,40	27,4%
Общепроизводственные расходы	3940,00	6,6%
Общехозяйственные расходы	4728,00	7,9%
Производственная себестоимость	58150,40	97,1%
Внепроизводственные расходы	1744,51	2,9%
Полная себестоимость	59894,91	100,0%

Полная себестоимость аналогичной по конструкции гидродинамического тормоза составляет 75 000 – 120 000 рублей, согласно данным торговых площадок, специализирующихся на автомобильных компонентах.

В экономическом разделе был произведен расчет себестоимости изготовления конструкции. Определены расходы по основным статьям затрат. Определены наиболее расходные статьи затрат на производство конструкции. На основании произведенного расчета можно сделать вывод, что разработанная конструкция находится в рыночном ценовом сегменте, а разработанная конструкция гидродинамического тормоза будет являться конкурентной по цене.



## Заключение

Разработка стенда тягово-динамических качеств легковых автомобилей является темой выпускной квалификационной работы – дипломного проекта. Разработка конструкции стенда потребовала решения комплекса задач, которое было изложено во взаимосвязанных между собой разделах проекта.

В первом разделе выпускной квалификационной работы проведен анализ промышленных и патентных образцов аналогов стенда определения тягово-динамических характеристик. Проведен анализ конструкции и выявлены наиболее перспективные технические решения. Обнаруженные промышленные аналоги были отобраны как наиболее перспективные с точки зрения реализации конструкторских идей, заложенных в них. Результаты проведенного анализа будут вынесены на лист графической части работы. По результатам сравнения сформирована циклограмма, также представленная на листе графической части.

Во втором разделе дипломного проекта произведен тяговый расчет транспортного средства. Определены показатели мощности и крутящего момента для двигателя автомобиля. Определены параметры передаточных чисел коробки передач. Рассчитано время и путь разгона транспортного средства. Рассчитаны показатели топливной экономичности транспортного средства. Сформулировано техническое задание на разрабатываемую конструкцию. В техническом задании дано описание разрабатываемой конструкции, даны технические характеристики на разрабатываемую конструкцию. В техническом предложении предложена конструкция стенда. Рассмотрены конструктивные схемы различных систем стенда. Выполнены необходимые силовые и прочностные расчеты узлов конструкции.

Результатом выполнения технологического раздела явилась разработка комплексного технологического процесса проведения испытаний тягово-динамических характеристик автомобиля. Выявлены основные параметры проверки автомобиля. Разработана технология проведения испытаний

автомобиля на разработанном стенде. На основе сформированной последовательности выполнения работ была сформирована технологическая карта на проведение ресурсных испытаний. Результаты разработки представлены в виде технологической карты на листе графической части.

В разделе охраны труда и безопасности был произведен анализ деятельности на сборочном участке предприятия, осуществляющем сборку испытательного стенда. Выявлены вредные и опасные производственные факторы, произведена их классификация. В соответствии с выявленными факторами произведена разработка мероприятий по снижению их воздействия на рабочих, либо их полной нейтрализации. Разработаны мероприятия по снижению пожарной опасности, в соответствии с выявленными классами пожарной опасности. Разработаны мероприятия по снижению антропогенного воздействия предприятия на окружающую среду.

В экономическом разделе был произведен расчет себестоимости изготовления конструкции тормоза стенда. Определены расходы по основным статьям затрат. Определены наиболее расходные статьи затрат на производство конструкции. На основании произведенного расчета можно сделать вывод, что разработанная конструкция находится в рыночном ценовом сегменте, а разработанная конструкция тормоза стенда будет являться конкурентной по цене.

На основании всей выполненной работы, можно сказать, что поставленные задачи в рамках дипломного проектирования выполнены.

## Список используемых источников

1. Богатырев, А. В. Автомобили : учебник / А.В. Богатырев, Ю.К. Есеновский-Лашков, М.Л. Насоновский ; под ред. проф. А.В. Богатырева. – 3-е изд., стереотип. – Москва : ИНФРА-М, 2019. – 655 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – [www.dx.doi.org/10.12737/2530](http://www.dx.doi.org/10.12737/2530). - ISBN 978-5-16-101092-1.
2. Березина, Е. В. Автомобили: конструкция, теория и расчет: Учебное пособие / Е.В. Березина. - М.: Альфа-М: НИЦ Инфра-М, 2012. - 320 с.: ил.; . - (ПРОФИЛЬ). ISBN 978-5-98281-309-1. - Текст : электронный.
3. Вахламов, В. К. Автомобили: Основы конструкции: учебник для студ. высш. учеб. заведений/ В.К. Вахламов – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 528 с.
4. Высочкина, Л. И. Автомобили: конструкция, расчет и потребительские свойства [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие по курсовому проектированию / сост. Л.И. Высочкина, М.В. Данилов, В.Х. Малиев и др. - Ставрополь, 2013. - 68 с.
5. Головин, С. Ф. Технический сервис транспортных машин и оборудования [Электронный ресурс] : учеб. пособие. Москва : ИНФРА-М, 2019. 282 с. (Высшее образование. Бакалавриат). ISBN 978-5-16-011135-3
6. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» по технологической операции, видам работ, оборудованию, производственному цеху, участку»
7. Демин, Н.П. Организация процесса диагностики при проведении операций технического обслуживания. – М.: Транспорт, 2017.
8. Карташевич А.Н. «Тракторы и автомобили. Конструкция» / А.Н. Карташевич, А.В. Понталев, А.В. Гордеенко // учебное пособие, Изд-во Инфра-М, 2013 – 313 с.
9. Корниенко, Евгений. Информационный сайт по безопасности жизнедеятельности [Электронный ресурс] / Е. Корниенко. – Электрон.

текстовые дан. – Москва: [б.и.], 2018. – Режим доступа [http://www.kornienko-ev.ru/teoria\\_auto/page233/page276/index.html](http://www.kornienko-ev.ru/teoria_auto/page233/page276/index.html), свободный

10. Лукаш, Ю. А. Экономические расчеты в бизнесе [Электронный ресурс] : большое практ. справ. пособие / Ю. А. Лукаш. - Москва : Флинта, 2012. - 210 с. - ISBN 978-5-9765-1369-3.

11. Огороднов, С.М. Конструкция автомобилей и тракторов : учебник / С.М. Огороднов, Л.Н. Орлов, В.Н. Кравец. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. - 284 с. - ISBN 978-5-9729-0364-1.

12. Ремонт автомобилей [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://automend.ru/>

13. Савич, Е. Л. Системы безопасности автомобилей : учебное пособие / Е.Л. Савич, В.В. Капустин. – Минск: Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2020. – 445 с.: ил. – (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-104362-2.

14. Сергеенко, В.А. Проверочный расчет зубчатых передач трансмиссии автомобилей / В.А. Сергеенко. – Минск : БНТУ, 2016. – 61 с.

15. Стуканов, В. А. Основы теории автомобильных двигателей и мотоцикла : учебное пособие / В.А. Стуканов. – Москва : ИД «ФОРУМ» : ИНФРА-М, 2020. – 368 с. – (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-101654-1.

16. Тарасик, В. П. Теория автомобилей и двигателей : учебное пособие / В.П. Тарасик, М.П. Бренч. – 2-е изд., испр. – Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2020. – 448 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-101224-6.

17. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: учебник / В. М. Власов [и др.] ; под ред. В. М. Власова. - Гриф МО. - Москва : Academia, 2003. - 477 с. : ил. - (Среднее профессиональное образование). - Библиогр.: с. 473. - Прил.: с. 421-472. - ISBN 5-7595-1150-8 : 191-82.

18. Щелчкова, Н. Н. Практикум по безопасности жизнедеятельности. Часть II : учебно-практическое пособие / Н.Н. Щелчкова, Д.В. Натарева, Е.А. Романова. – Москва : ИНФРА-М, 2019. – 225 с. - ISBN 978-5-16-108275-1.

19.G. A. Einicke, Smoothing, Filtering and Prediction: Estimating the Past, Present and Future (2nd ed.), Prime Publishing, 2019

20.Milliken, W. F. Race Car Vehicle Dynamics / Premiere Series / R: Society of Automotive Engineers, Том 146 / W. F. Milliken, D. L. Milliken : SAE International, 1995. – 890 p. [8], [9], [10]. – ISBN 1560915269, 9781560915263.

21.Singh, H. Rewat The Automobile: Textbook for Students of Motor Vehicle Mechanics / H. Rewat Singh: S Chand & Co Ltd, 2004 - 532 p.

22.Denton, Tom Automobile Mechanical and Electrical Systems: 2nd Edition / Tom Denton: Routledge, 2017 – 378p. - ISBN 9780415725781

23.Everyday English For Technical Students (Mechanical engineering, metallurgy and transport department) [Электронный ресурс]/ – Электрон. текстовые данные.– Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2019.– 350 с.