

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 для испытания подвески автомобилей

Студент

А.А. Кузьмин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент И.В. Турбин

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

Консультанты

доцент И.В. Дерябин

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

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярдова

(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 для испытания подвески автомобилей». Актуальность темы обусловлена ростом количества автомобилей, находящихся в частном и корпоративном владении. Это связано с ростом спроса на агрегаты, расширяющие эксплуатационные возможности транспортных средств. Следовательно, возрастает спрос на испытательное оборудование, которое применяют при разработке подобных узлов и агрегатов транспортных средств.

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

Транспортные средства необходимо разрабатывать и модернизировать, а значит, нужны стенды для испытания их эксплуатационных характеристик. Ключевым значением проекта является разработка стенда для испытания подвески и ходовой части транспортного средства. От состояния подвески и параметров ее работы зависит эксплуатация транспортного средства и целый комплекс его эксплуатационных показателей.

Целью проекта является разработка конструкции стенда на уровне рабочего проекта, разработка кинематической и электрической схемы стенда.

Дипломная работа логически может быть разбита на связанные между собой главы. В первой главе дипломного проекта был произведен анализ конструкции испытательных стендов, включая образцы испытательных стендов, изготавливаемых иностранными производителями.

Во второй главе дипломного проекта был произведен анализ конструкторских решений, которые могут быть применены в конструкции разрабатываемого стенда. Выполнен расчет отдельных узлов и деталей, силовые и прочностные расчеты конструкции.

В третьей главе дипломного проекта была разработана технология и сформирована технологическая карта на проведение испытания подвески автомобилей.

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 испытательного 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 testing the suspension of cars." The relevance of the topic is due to the increase in the number of cars in private and corporate ownership. This is due to the growing demand for units that expand the operational capabilities of vehicles. Consequently, the demand for test equipment is increasing, which is used in the development of such components and assemblies of vehicles.

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 aim of the project is to develop the design of the stand at the level of the working project, the development of the kinematic and electrical scheme of the stand.

The thesis work can be logically divided into interconnected chapters. In the first chapter of the graduation project, an analysis was made of the design of test benches, including samples of test benches manufactured by foreign manufacturers.

In the second chapter of the graduation project, an analysis was made of design solutions that can be applied in the design of the developed stand. The calculation of individual components and parts, power and strength calculations of the structure.

In the third chapter of the graduation project, a technology was developed and a technological map was formed for testing the suspension of cars.

In the fourth chapter, devoted to life safety, a safety analysis was performed during testing. Dangerous and harmful production factors are revealed and ways of their neutralization are offered.

In the fifth chapter of the graduation project, the calculation of the cost of carrying out work on the manufacture and assembly of the test bench 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	7
1 Анализ конструкции и обоснование выбора конструктивной схемы стенда испытания подвески	9
2 Разработка конструкции стенда тягово-динамических качеств легковых автомобилей	15
2.1 Тяговый расчёт автомобиля	15
2.2 Разработка стенда диагностирования подвески автомобиля	34
2.2.1 Техническое задание на разработку стенда диагностирования подвески автомобиля	34
2.2.2 Техническое предложение на разработку стенда диагностирования подвески автомобиля	36
2.2.3 Расчет конструкции стенда для испытания подвески автомобилей	41
3 Технологический процесс проведения испытания подвески автомобиля ..	46
3.1 Методы проведения испытания подвески автомобиля на специализированных стендах	46
3.3 Технология проведения испытания подвески автомобиля	52
4 Охрана труда и безопасность объекта проектирования	55
4.1 Характеристика объекта проектирования (технологического процесса сборочных работ)	55
4.2 Идентификация профессиональных рисков	55
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	59
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	63
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта	65
5 Экономический раздел дипломного проекта	67
5.1 Анализ объекта дипломного проектирования	67
5.2 Исходные данные для расчета	67
5.3 Расчет затрат на материалы	68
5.4 Расчет затрат на покупные изделия и полуфабрикаты	69

5.5 Расчет затрат на заработную плату	70
Заключение	73
Список используемых источников	75
Приложение А Спецификация конструкции	78

Введение

Современные реалии диктуют новые подходы в организации работ на всех уровнях. Все больше и больше используется транспортных средств, в сфере грузовых перевозок, произведенных в Российской Федерации. В первую очередь это связано с растущим уровнем развития техники и технологии, а также выстраивание связей с иностранными производителями, от которых перенимаются наиболее прогрессивные технические решения. В первую очередь это касается техники, используемой в грузовых перевозках. В современных условиях транспортировка грузовыми автомобилями имеет высокое экономическое значение, поскольку позволяет осуществлять транспортировку товаров от мест поставки железнодорожным или морским транспортом к местам непосредственного потребления или распределительным центрам. При транспортировке по России также есть ряд преимуществ именно у автомобильного транспорта, в первую очередь по причине более высокой оперативности и возможности адресной доставки. Все это в совокупности делает грузовой транспорт весьма привлекательным с точки зрения транспортировки и отводит ему роль одного из важнейших факторов экономического развития.

Развитие идет в том числе в сфере проектирования подвески транспортного средства, создании новых упругих и демпфирующих элементов, влияющих на стоимость и сложность конструкции транспортного средства.

Следовательно, требуется проведение испытаний транспортных средств, которые выявили бы возможные конструктивные недостатки новых конструкций и возможные особенности эксплуатации спроектированных узлов подвески. А значит, требуется создание стенда испытания автомобилей характеристик подвески, приближенных к эксплуатационным.

При эксплуатации транспортных средств возникает необходимость проведения работ, связанных с технической приемкой и проверкой работоспособности подвески транспортного средства. Узлы и агрегаты подвески 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 величины амплитуды и частоты затухания, 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 подвески 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 узлов подвески. Для научных центров подобное оборудование может быть использовано при проведении исследовательских работ по новым типам конструкции подвески транспортного средства 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 испытания подвески

Разработка стенда для испытания подвески начинается с поиска аналогов конструкции, производимых серийно. Подобный анализ позволит обнаружить конструкции, технические решения которых можно будет использовать при разработке стенда для испытания подвески на уровне технического проекта.

Одним из обнаруженных в ходе поиска промышленно производимых аналогов будет являться стенд для проверки подвески, показанный на рисунке 1. Это стенд проверки подвески СПП-2500, Россия.



Рисунок 1 - СПП-2500 стенд для проверки подвески, вибростенд

Стенд СПП-2500 представленный на рисунке 1 предназначен для диагностирования подвески в режиме вибрационных нагрузений.

«Стенд может применяться на станциях технического обслуживания АТС, автопредприятиях контролерами ОТК при выпуске на линии.

Стенд позволяет определить значение коэффициента давления на опорную поверхность. Оценка работоспособности подвески производится по амплитуде колебания и интенсивности их гашения. Стенд проверки подвески представляет собой платформу, состоящую из двух испытательных площадок, каждая из которых соединена с эксцентриковым валом.

Стенд оценивает способность подвески колеса гасить вертикальные колебания, возникающие на неровной дороге.

Стенд отслеживает силу, с которой колесо автомобиля воздействует на платформу. Испытания производятся сначала на неподвижной платформе, а затем в процессе затухающих колебаний, начиная с частоты 23 Гц. По результатам тестирования компьютер вычисляет коэффициент давления колеса на опорную поверхность, выраженный в процентах. Он равен отношению минимальной нагрузки во время колебаний к нагрузке на неподвижную платформу.

При коэффициенте:

- более или равном 45% — подвеска обеспечивает достаточное гашение колебаний;
- менее 45, но более 25% — слабое гашение колебаний;
- меньше 25% — недостаточное гашение колебаний.

Предельно допустимая относительная разность коэффициентов для колес одной оси составляет 0,15.» [16]

Технические характеристики стенда СПП-2500 представлены в таблице 1.

Другим аналогом, обнаруженным в процессе поиска, будет являться стенд Bosch SDL 435, представленный на рисунке 2. Технические характеристики стенда представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Технические характеристики стенда СПП-2500

Параметры конструкции	Значение
Амплитуда колебания	6 мм
Частота колебания	23 Гц
Осевая нагрузка, не более	2,5 тонны
Мощность двигателя	2×1,5 кВт
Ширина колеи	от 800 до 2300 мм
Габаритные размеры	2500х550х350 мм



Рисунок 2 – Стенд диагностирования подвески Bosch SDL 435

Таблица 2 – Технические характеристики стенда диагностирования подвески Bosch SDL 435

Параметры конструкции	Значение
Принцип измерения	EUSAMA
Мощность двигателя	2 x 2,5 кВт
Максимальная частота	25 Гц
Ход	6 мм
Максимальный вес оси	2,0 т
Вес при переезде	4,0 т
Размеры (L x B x H)	2 360 x 440 x 280

Стенд диагностирования подвески Bosch SDL 435 позволяет производить оценку работы подвески транспортного средства путем создания вибрационной

нагрузки. Оценивается амплитуда и время затухания колебаний, посредством оптического датчика. Также стенд оснащен системой диагностирования шума подвески, что позволяет производить комплексную оценку состояния подвески.

Еще одно устройство стенда, предназначенного для диагностирования подвески представлено на рисунке 3. Это стенд проверки демпфирующих свойств подвески с функцией осевых весов MSD 3000 EURO.



Рисунок 3 – Стенд проверки демпфирующих свойств подвески с функцией осевых весов MSD 3000 EURO

Стенд предназначен для комплексной проверки подвески путем создания вибрационной нагрузки. Колебания кузова фиксируются датчиками, они же фиксируют амплитуду и время затухания колебаний. Оценка состояния подвески основывается на Лерше-коэффициенте демпфирования «D».

Технические характеристики стенда проверки демпфирующих свойств подвески с функцией осевых весов MSD 3000 EURO приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики стенда проверки демпфирующих свойств подвески с функцией осевых весов MSD 3000 EURO

Параметры	Значение
Допустимая нагрузка на ось	2,2 т.
Нагрузка на ось при проезде через стенд	2,5 т.
Ширина колеи	880 мм - 2200 мм
Амплитуда возбуждающих колебаний	6.5 мм
Частота возбуждающих колебаний (управляемая)	2 - 10 Гц
Макс. ход платформы	70 мм.
Измеренные данные (Фактор демпфирования „D“)	0,02 – 0,3
Электропривод	2 x 1.1 кВт
Защита по току	16 А
Источник питания	3 / N / PE 400 В 50 Гц
Размеры роликового агрегата (Д x Ш x В)	280 мм x 2320 мм x 800 мм

Также в процессе поиска был обнаружен стенд для диагностирования подвески SPID 20 000. Конструкция стенда представлена на рисунке 4.



Рисунок 4 – Гидравлический тестер подвески SPID 20 000

«Электрогидравлический люфт-детектор SPID 20000 используется в целях выявления люфтов в подшипниках, образующихся по причине износа деталей ходовой части грузовых автомобилей (шкворни поворотных кулаков, втулки,

шариковые шарниры, пальцы ушек рессор, наконечник поперечной рулевой тяги, деталей рулевой системы и т. д.).

Тестовые пластины, вмонтированные в пол автомастерской, позволяют подавать нагрузку на колеса в продольном и поперечном направлении, непосредственно на автомобиле, локализуя, таким образом, существующие люфты ходовой части.» [16]

«Стенд имеет следующие технические характеристики:

- максимальная нагрузка люфт-детектора 20000 кг;
- максимальная нагрузка на колесо 10000 кг;
- размер тестовой пластины, Д×Ш 750×750 мм;
- диапазон смещения тестовой пластины ± 50 мм от среднего положения;
- усилие на штоке гидроцилиндра 30000 Н;
- рабочее давление 160 бар;
- электропитание ~3ф.х380/400 В, 50 Гц, 2.2 кВт;
- управление 24 В;
- необходимый объем масла 11 литров;
- ручной светильник 24 В, 20 Вт;
- уровень шума ≤ 75 дБ(А);
- подключение ~3ф/N+PE, 380/400В, 50 Гц с предохранителем Т16А согласно нормам VDE;
- максимальная осевая нагрузка люфт-детектора 20000 кг.» [11]

В разделе проведен анализ промышленных и патентных образцов аналогов стенда проверки подвески автомобиля. 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 устанавливают 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 вариантном исполнении автомобиля Лада Гранта ВАЗ-2190 могут быть оснащены антиблокировочной системой тормозов (ABS).» [1]

Внешний вид автомобиля ВАЗ-2190 представлен на рисунке 5.

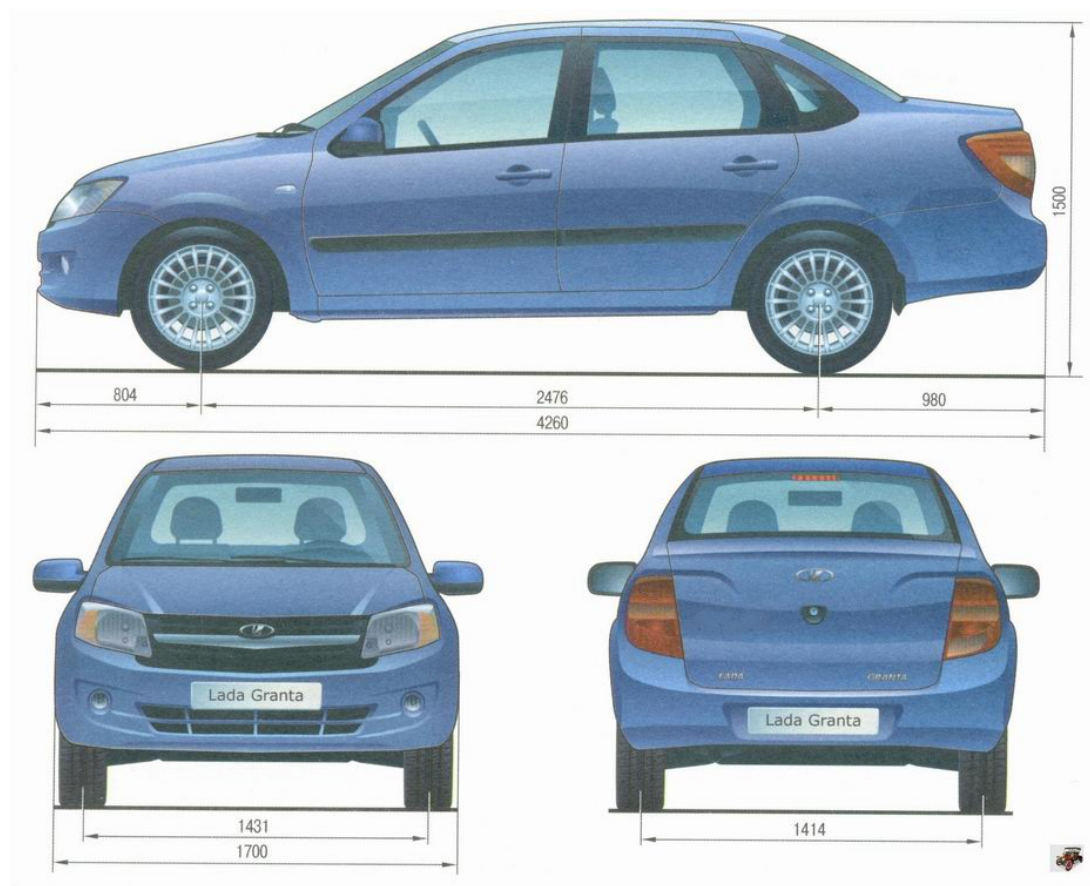


Рисунок 5 – Внешний вид и габаритные размеры автомобиля Лада Гранта ВАЗ-2190

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

Полная масса автомобиля определяется следующим образом:

$$m_a = m_o + (m_{\text{ч}} + m_{\text{б}}) \cdot n_{\text{п}}, \quad (1)$$

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

$m_{\text{ч}}$ – масса водителя или пассажира: принимаем $m_{\text{ч}} = 76$ кг;

$m_{\text{б}}$ – масса багажа из расчета на одного пассажира: $m_{\text{б}} = 21$ кг;

$n_{\text{п}}$ – количество пассажиров, включая водителя: $n_{\text{п}} = 5$ 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]

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

$$F_2 = \frac{G_2}{n} = \frac{6887}{2} = 3443,5H \quad (6)$$

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_{Γ} и B_{Γ} – 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

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

Определим максимальную мощность двигателя:

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

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

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

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

$$= 64 * \left[0,7 * \left(\frac{4833,042}{5100} \right) + 1,6 * \left(\frac{4833,042}{5100} \right)^2 + (-1,3) * \left(\frac{4833,042}{5100} \right)^3 \right] = 63,61 \text{ кВт}$$

«где n_{eVmax} – 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_{ω} – 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 $I_{e \max}$ – стендовый максимальный крутящий момент: $I_{e \max} = 147,37 \text{ Н}\cdot\text{м}$;

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

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

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

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:

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

«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]

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

«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]

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

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 ψ_{\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 $\psi_{\max} = 0,30 \dots 0,50$

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

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

«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]

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

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

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

Определим минимальную устойчивую скорость движения автомобиля:

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

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 4.

Таблица 4 – Передаточные числа коробки передач

№ передачи	Обозначение	Фактическое значение	Рассчитанное значение
1	U ₁	2.75	2.75
2	U ₂	1.784	1.9
3	U ₃	1.313	1.440
4	U ₄	1.043	1.148
5	U ₅	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]

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

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

Значение крутящего момента при различных оборотах рассчитываем по формуле:

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

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

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 5

Таблица 5 – Результаты расчетов внешней скоростной характеристики

n, 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
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

Продолжение таблицы 5

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 6).

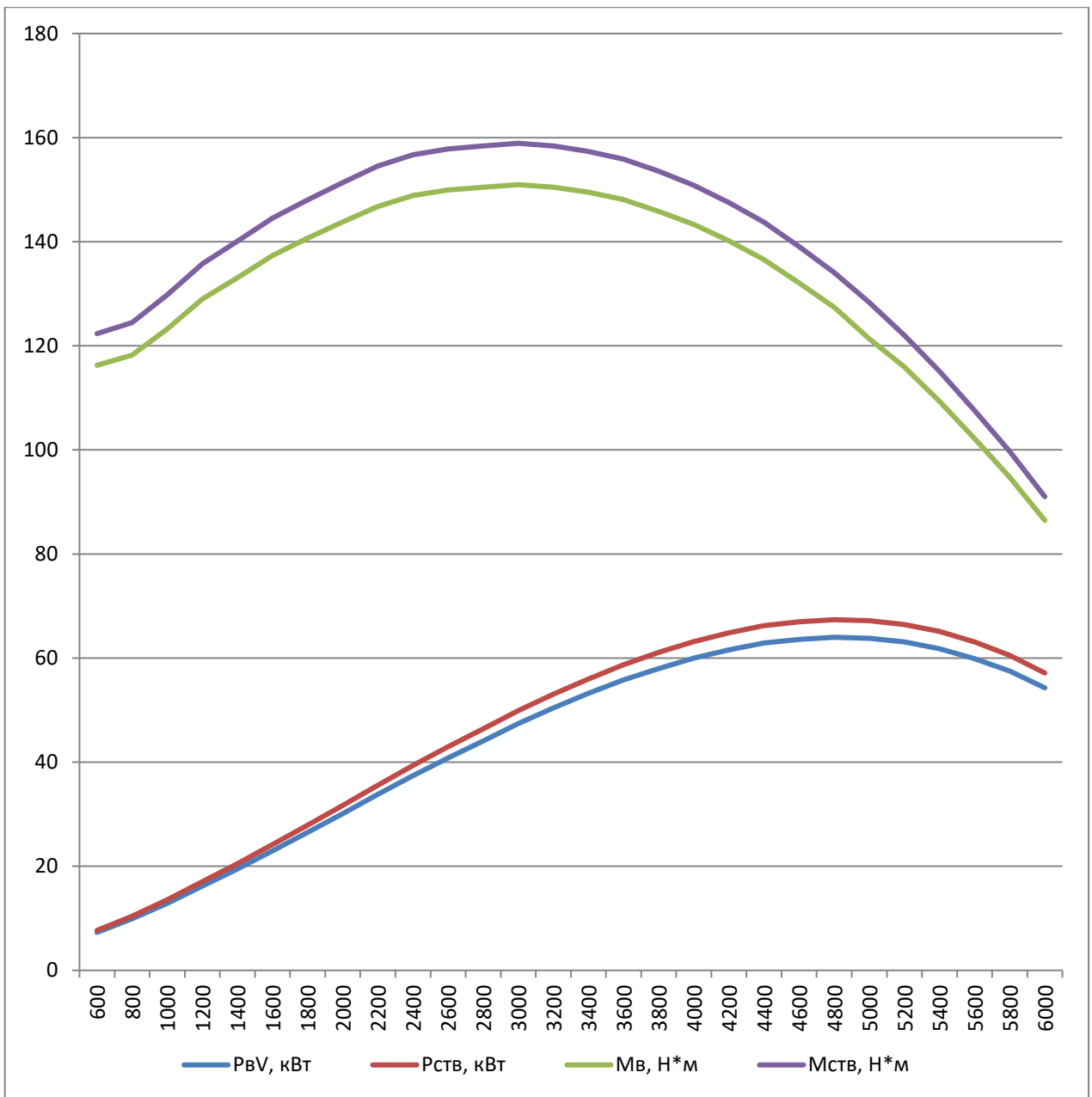


Рисунок 6 – Внешняя скоростная характеристика двигателя

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]

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

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

«Производим расчеты значений окружной силы F_{ki} и скорости V_i для различных оборотов коленчатого вала в диапазоне от n_{emin} до n_{emax} 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]

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

«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 6. Полученные значения наносим на тяговую характеристику.

Таблица 6 - 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 ₁ , км/ч	F _{k1} , Н	V ₂ , км/ч	F _{k2} , Н	V ₃ , км/ч	F _{k3} , Н	V ₄ , км/ч	F _{k4} , Н	V ₅ , км/ч	F _{k5} , 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 6

n, об/мин	1-я передача		2-я передача		3-я передача		4-я передача		5-я передача	
	V ₁ , км/ч	F _{k1} , Н	V ₂ , км/ч	F _{k2} , Н	V ₃ , км/ч	F _{k3} , Н	V ₄ , км/ч	F _{k4} , Н	V ₅ , км/ч	F _{k5} , 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 7 – Результаты расчетов сил сопротивления дороги (качения) F_f и воздуха F_B

V _a , км/ч	F _f , Н	F _B , Н	F _f + F _B , 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 7

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 строим тяговую характеристику автомобиля (рисунок 7).

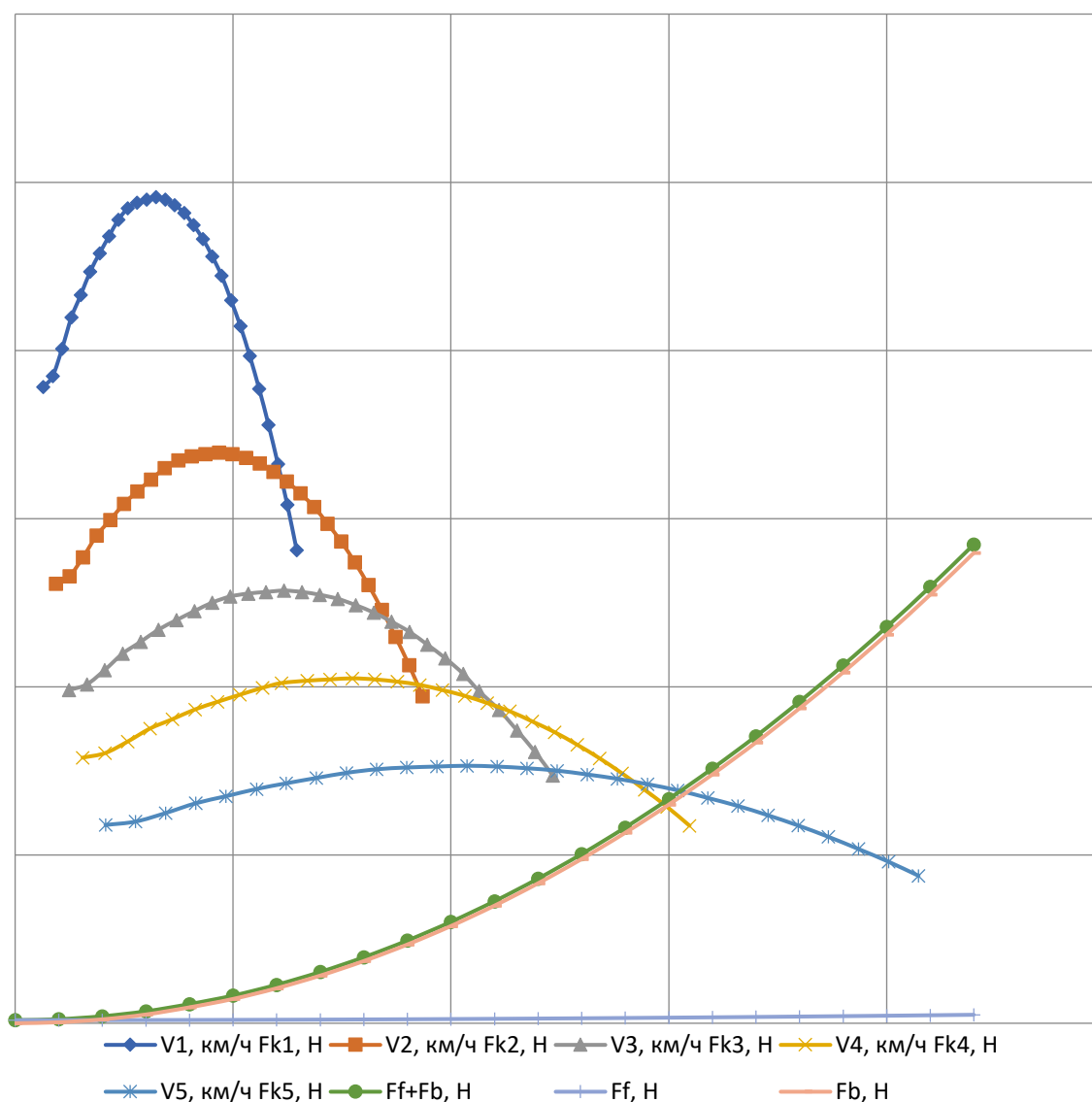


Рисунок 7 - Тяговая характеристика автомобиля

2.2 Разработка стенда диагностирования подвески автомобиля

2.2.1 Техническое задание на разработку стенда диагностирования подвески автомобиля

В рамках выполнения дипломного проекта необходимо провести разработку стенда для диагностирования подвески транспортных средств на уровне технического проекта. Разработка проводится по результатам проведенного анализа конструкции стендов аналогичного назначения. Техническое задание составлено на основании выявленных тенденций развития конструкций стендов для диагностирования подвески автомобилей и наиболее перспективных технических решений.

«Разрабатываемое изделие относится к транспортному машиностроению, в частности к устройствам для ресурсных испытаний, преимущественно легковых автомобилей и микроавтобусов. Она предназначена для широкого использования на АТП и СТО любых назначений. Изделие предназначено для воспроизведения эксплуатационных режимов нагружения подвески автомобиля. Установка предназначена для эксплуатации в помещении при температуре - 2°...+50°С, влажностью воздуха до 80%. Возможность экспорта не предусматривается.

Разработка ведется по заданию кафедры «ПЭА», Тольяттинского государственного университета в рамках выполнения дипломного проекта.

Изделие разрабатывается на основании описания изобретения к авторскому свидетельству № 1661611 кл. G 01 M 17/00.» [11]

Источниками разработки служат:

Методические пособия, материалы анализа технических решений промышленных образцов стендов и техническая литература по проведению диагностических операций подвески автомобиля.

Стенд для испытания транспортных средств содержит каркас, к которому прикреплены подшипниковые опоры, в которых закрепляются барабаны. Барабаны выполнены со смещением относительно осей. На концах осей

смонтированы зубчатые шкивы, соединенные между собой зубчатой ременной передачей. Вращение барабанов производится колесами испытуемого транспортного средства, при этом, размещенные со смещением барабаны имитируют движение по дорожным неровностям. Диагностирование о техническом состоянии подвески делается на основе комплексных данных, полученных в результате проведения диагностики.

Технические характеристики:

Габаритные размеры, не более: 1000 x 700 x 300 мм

Масса установки: ≈ 300 кг

Скорость на роликах: $\approx 5-7$ км/ч

Предполагается поставка потребителю установки в собранном виде.

«В разрабатываемой конструкции должны применяться стандартные комплектующие изделия (крепежные детали, подшипники), предусмотрены условия взаимозаменяемости и возможность дальнейшего усовершенствования конструкции.» [21]

Эргономические характеристики устройства:

Станину стенда выполнить вровень с уровнем пола цеха. Рабочее место оператора отнести от поста на расстояние не менее 0,8 м.

Эстетические требования:

Внешние очертания механизма должны отвечать требованиям технической эстетики и передавать функциональный характер, острые углы рекомендуется скруглить, рекомендуется окрасить раму и выступающие агрегаты в оранжевый цвет.

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.

Конструкторская документация на этапе технического проекта согласовывается с руководителем и консультантами на кафедре ПЭА.

2.2.2 Техническое предложение на разработку стенда диагностирования подвески автомобиля

Получено техническое задание на разработку стенда диагностирования транспортных средств в рамках выпускной квалификационной работы. Разработка проводится на основании проведенного анализа существующих конструкций стендов аналогичного назначения, производимых серийно.

«Стенд диагностирования технического состояния подвески относится к испытательному оборудованию. Предназначается для контроля технического состояния подвески транспортного средства при проведении диагностических работ. Оборудование предназначается главным образом для диагностирования пассажирских микроавтобусов и легковых автомобилей.» [16]

«Для рассматриваемого в рамках дипломного проекта данное оборудование необходимо для осуществления следующих действий в рамках технологического процесса:

Диагностирование технического состояния транспортного средства.

Контроль качества выполнения работ после ТР.

Таким образом, при помощи данного оборудования выполняются основные технологические операции при диагностировании подвески, следовательно, существует необходимость использования данного оборудования на постах зоны.

Разработка проводится на основании проведенного патентного поиска, а также исходя из выбранного технического решения для данной установки. Прототипом разрабатываемой конструкции будет являться ряд существующих устройств для диагностирования амортизаторов и подвески автомобиля.

Одним из аналогов будет являться стенд для проверки амортизаторов автомобилей FWT-1, рисунок 8.» [11], [18]



Рисунок 8 – Стенд для проверки амортизаторов FWT-1

Предназначены для контроля состояния амортизаторов и взвешивания автомобиля. Оценка работоспособности амортизаторов производится по амплитуде колебаний и интенсивности их гашения. Диагностика осуществляется в соответствии с методом BOGE/МАНА.

Содержит в базе данных информацию об оптимальных и предельных состояниях разных типов амортизаторов.

Работа производится в следующей последовательности.

Производится возбуждение колебаний измерительной платы с частотой 16 Гц.

Частота колебаний увеличивается до достижения резонансной частоты.

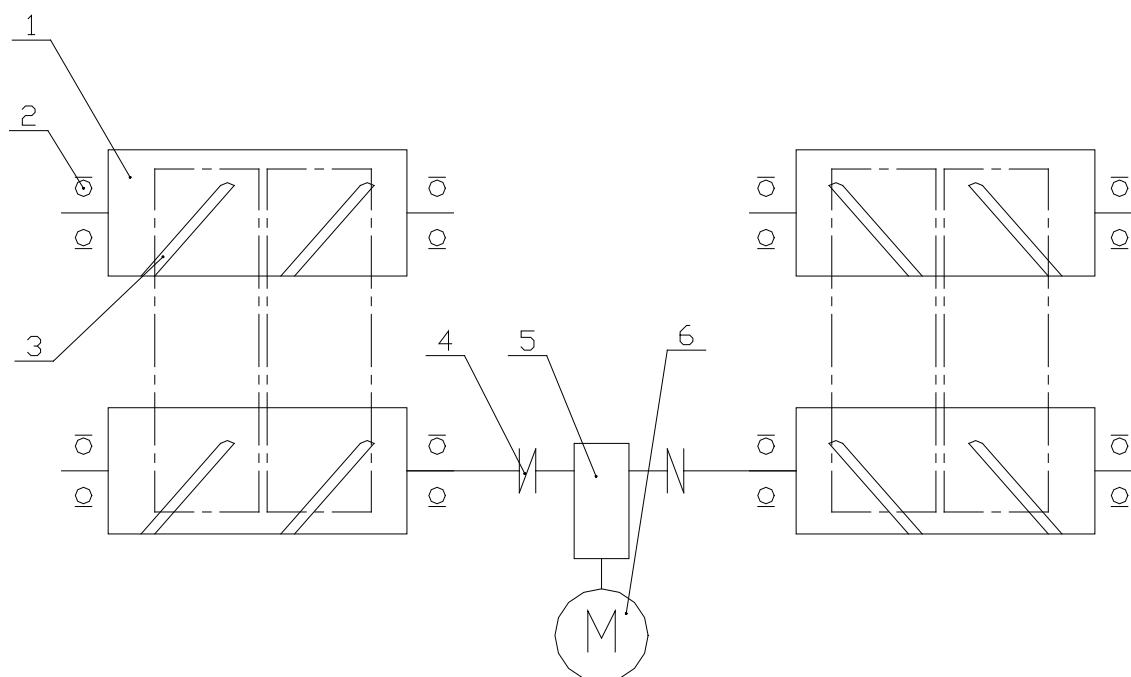
После прохождения точки резонанса принудительное возбуждение колебаний прекращается. При этом частота колебаний увеличивается и пересечет точку резонанса. В этой точке достигается максимальный ход подвески. С увеличением частоты амплитуда также увеличивается.

Осуществляется измерение частотной амплитуды амортизатора.

Достоинства метода:

Колебания, после прохождения точки резонанса практически свободны от внешних сил, резонансный метод измерений наиболее близко имитирует поведение амортизатора в дорожных условиях.

Другим аналогом будет являться стенд для испытаний подвески автомобиля по авторскому свидетельству № 1236780. Стенд предназначен для создания имитации движения автомобиля по неровностям дорожного покрытия (рисунок 9).



1- беговой барабан; 2-подшипник качения; 3-имитатор неровности; 4- муфта; 5- редуктор; 6- электродвигатель

Рисунок 9 – Стенд для испытания подвески автомобиля по авторскому свидетельству № 1236780

Установка работает следующим образом.

Автомобиль помещается колесами одной из осей на беговые барабаны. После этого автомобиль закрепляется и производится пуск барабанов. При вращении колеса попадают на имитаторы дорожных неровностей, в результате чего происходит нагружение элементов подвески. Привод производится посредством электродвигателя через редуктор.

Исходя из рассмотренных в качестве прототипов аналогов, сделаем следующие выводы относительно конструкции установки:

- конструкция будет стационарной, располагаемой в помещении;
- имитация работы подвески будет производиться за счет вращения барабанов самим автомобилем, при этом, барабаны, имеющие эксцентриситет в закреплении, воздействуют на подвеску, сообщая ей колебательные движения;
- фиксация барабана, для обеспечения съезда автомобиля, будет производиться механическим фиксатором, представляющим собой стержень, входящий в отверстие на диске барабана;
- для смягчения ударных воздействий при фиксации, фиксатор закрепляется в резиновой обойме.

Все изложенное позволит существенно упростить конструкцию и расширить сферу ее применения на предприятиях автомобильного транспорта.

Проработка внешнего эстетичного вида разрабатываемого изделия производится для повышения маркетинговой привлекательности продукции, а также с целью создания оптимальной гармонии изделия с условиями эксплуатации.

«Каркас установки выполняется из пространственно сваренных труб прямоугольного сечения, таким образом, чтобы она образовывала рамную конструкцию, что, во-первых, повышает прочность конструкции, а во-вторых, визуально создает ощущение надежности и устойчивости всей рамы в целом. Следует выполнить размещение узлов таким образом, чтобы не создавалось впечатления избыточности механизмов, но в то же время они все должны составлять единое композиционное решение внешнего вида установки.

Подобное решение подчеркнет роль каждого узла в механизме и позволит рабочему легче сориентироваться в конструкции.

Изделие в полной мере отражает своё функциональное предназначение, т.е. установка для испытаний подвески автомобилей и имеет все признаки своего класса. Установка имеет четко выраженные рабочие органы, т.е. барабаны, что подчеркивает ее функциональное предназначение, указывает на ее роль в производственном процессе.» [11]

«Немаловажное значение при проработке эстетических требований стоит уделить окраске изделия, которая должна быть достаточно заметной, чтобы привлекать внимание, как и всякий мобильный объект, особенно в производственных условиях, но в то же время не выступать дополнительным раздражающим фактором для рабочего. Рекомендуется выступающие над уровнем пола части окрасить эмалевыми красками в оранжевый цвет, что позволит изделию не теряться на пространстве. Выступающие за габариты элементы окрасить в желтый цвет, дополнительно нанести черные полосы.

Немаловажное значение при проектировании какого-либо изделия имеют его эргономические показатели, то есть его степень приспособленности к усредненным человеческим параметрам. Именно эти параметры и являются определяющими при дальнейшем внедрении изделия в производство. Установка предназначена для проведения испытаний подвески автомобилей, что сопряжено с повышенным шумом, поэтому пульт оператора следует вынести на расстояние 1,5-2 м, а саму рабочую зону желательно отделить прозрачной перегородкой. Если установка будет располагаться не на открытой площадке, то помещение, в котором производятся испытания должно быть снабжено вентиляцией. Усилие рабочего при нажатии на кнопку должно составлять не более 15 Н. Пульт следует заземлить. При работе установки, конструкция установки должна обеспечивать рабочему оптимальные углы обзора, для обеспечения безопасности движения. Горизонтальные углы обзора (без учета поворота головы рабочего) должны составлять 60°, вертикальные-10° вверх и 30° вниз, также должны соблюдаться

углы поворота рук рабочего, аналогичные требования на положение туловища.»
[16]

2.2.3 Расчет конструкции стенда для испытания подвески 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;
- мощность электродвигателя каждой секции стенда;

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 $d_б$ не менее 0,4 диаметра колеса $d_к$, т.е.:

$$d_б \geq 0,4 \cdot d_к \quad (39)$$

$$d_б \geq 0,4 \cdot 650$$

$$d_б = 260 \text{ мм}$$

Конструктивно увеличиваем диаметр барабана до 290 мм для размещения на торцах отверстий под фиксаторы.

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

$$l_б = [(k_н - k_в) / 2] + a, \quad (40)$$

где $k_н$ и $k_в$ – величины внутренней и наружной колеи автомобиля соответственно, мм

a – величина, учитывающая тип автомобиля, для легковых она равна 150 мм.

$$l_6 = [(1700 - 1380) / 2] + 150 = 310 \text{ мм}$$

С учетом возможного увода, а также принимая во внимание существующие аналоги, принимаем длину барабана 350 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:

$$l = (r_k + r_6) * \frac{2 * \varphi}{\sqrt{1 + \varphi^2}}, \quad (41)$$

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

$$l = (325 + 130) \cdot \frac{2 \cdot 0,64}{\sqrt{1 + 0,64^2}} = 489,71$$

Принимаем $l = 490$ мм.

Рассчитаем значения реакций на каждом из барабанов и максимальное значение силы сопротивления качения (рисунок 10).

Для нашего стенда оба барабана являются ведущими для каждого из колес.

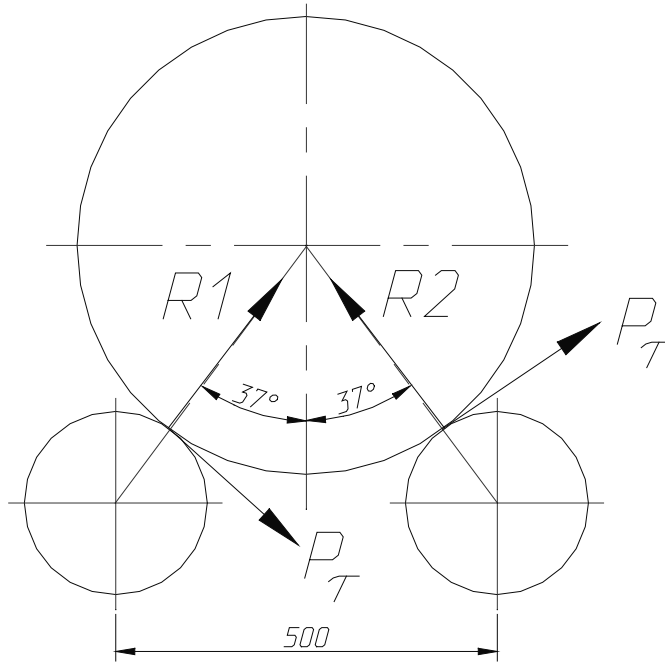


Рисунок 10 – Схема взаимодействия сил на колесо на барабанном стенде

Для расчета нормальных реакций барабана воспользуемся формулами:

$$R_1 = \frac{G \cdot (\sin \alpha - \phi \cdot \cos \alpha)}{(1 + \phi^2) \cdot \sin 2\alpha} \quad (42)$$

$$R_2 = \frac{G \cdot (\sin \alpha + \phi \cdot \cos \alpha)}{(1 + \phi^2) \cdot \sin 2\alpha} \quad (43)$$

R_1 и R_2 – нормальная реакция барабана, кг;

G – вес оси, кг;

$$R_1 = \frac{500 \cdot (0,6018 - 0,64 \cdot 0,7986)}{(1 + 0,64^2) \cdot 0,9612} = 33,94$$

$$R_2 = \frac{500 \cdot (0,6018 + 0,64 \cdot 0,7986)}{(1 + 0,64^2) \cdot 0,9612} = 411,39$$

Расчет производим, используя нагрузку на ось в целом, так как предполагается применение единого привода на оба колеса оси.

Максимальная сила сопротивления качения в этом случае составит:

$$P\tau_{MAX} = \frac{G \cdot \phi}{(1 + \phi^2) \cdot \sin \alpha} \quad (44)$$

$$P\tau_{MAX} = \frac{500 \cdot 0,64}{(1 + 0,64^2) \cdot 0,6018} = 327,45$$

Нагрузка от колеса автомобиля распределяется равномерно между парой опор, расположенных в местах опирания на опоры. Таким образом, реакция в каждой из пары опор будет составлять половину от общей величины нагрузки. Расчет производим, принимая, что на каждое из колес приходится четверть массы автомобиля. $R = 11875 \text{ Н}$

Тогда изгибной момент приравняв общую длину балки опоры из предварительной компоновки $l = 750$:

$$M_{и} = R_1 \cdot 0,375$$

$$M_{и} = 11875 \cdot 0,375 = 4453,13 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Произведем расчет на прочность прямоугольной трубы поперечной балки, исходя из рассчитанной величины изгибного момента.

Балка рамы – труба сечением $100 \times 60 \times 3$, $W = 25,0 \cdot 10^{-6}$

$$\sigma_{max} = M_{max} / W \quad (45)$$

$$\sigma_{max} = 4453,13 / 25,0 \cdot 10^{-6} = 178,12 \text{ МПа} < [\sigma_T] = 200 \text{ МПа}$$

Условия прочности удовлетворяют характеристикам материала.

В конструкторском 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 стенда проверки подвески автомобиля. В техническом предложении предложена конструкция стенда. Рассмотрены конструктивные схемы различных систем стенда. Выполнены необходимые силовые и прочностные расчеты узлов конструкции. Спецификация разработанного стенда приведена в Приложении А, таблица А.1.

3 Технологический процесс проведения испытания подвески автомобиля

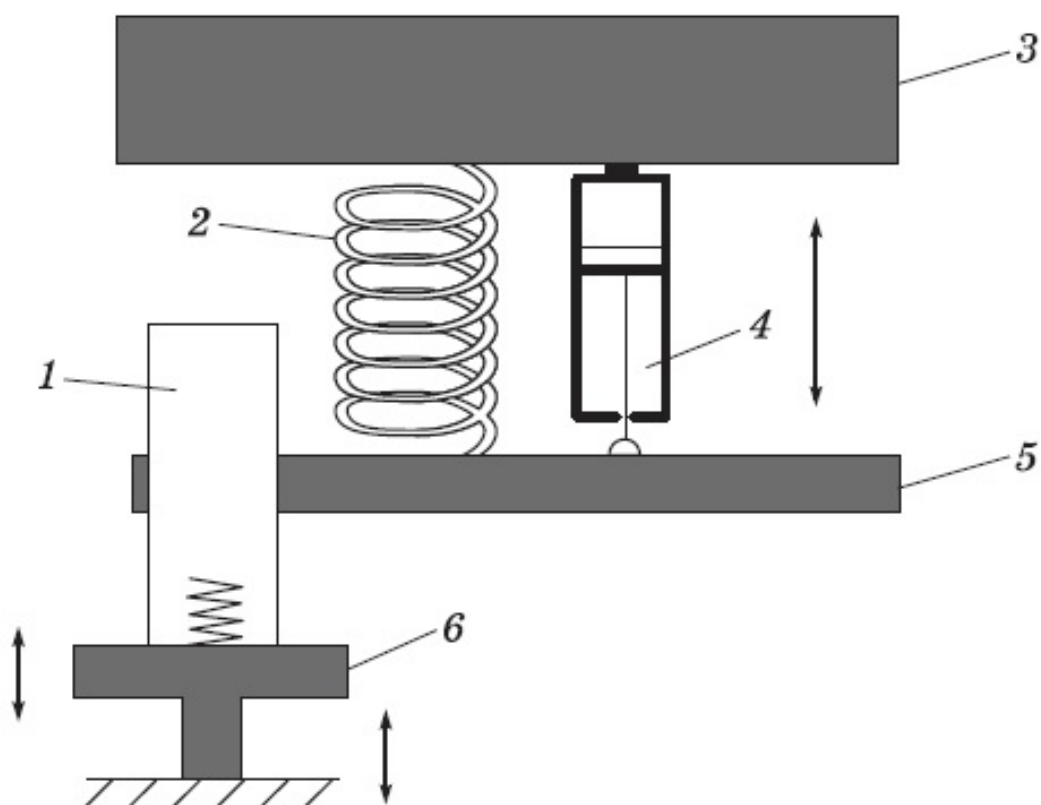
3.1 Методы проведения испытания подвески автомобиля на специализированных стендах

При разработке технологического процесса диагностирования подвески автомобиля важно понимать, какие методики проверки существуют и как они проводятся. Рассмотрим различные способы осуществления проверки, реализуемые на практике. Существует несколько способов проведения проверки, которые проводятся на специализированных стендах.

«В практике диагностирования амортизаторов и подвески применяют метод измерения сцепления колес с дорогой и метод измерения амплитуды.

Схема метода диагностирования по сцеплению колес с дорогой представлена на рисунке 11.» [12]

«При этом методе база колебаний в нижней части жесткая и подпружинена только в верхней части. Технология проверки амортизаторов и подвески при использовании метода сцепления колес с дорогой заключается в следующем. Сначала проверяемое колесо автомобиля устанавливается точно посередине измерительной площадки амортизаторного стенда. В состоянии покоя измеряется статический вес колеса. Затем включается привод перемещения одной из площадок в вертикальном направлении (сначала левой, потом правой). С помощью электродвигателя осуществляется периодическое возбуждение колебаний с частотой 25 Гц; при этом измерительная площадка перемещается как жесткое звено. Полученный в результате динамический вес колеса (вес на плите при частоте колебаний 25 Гц) сравнивается со статическим весом путем деления первого на второй.» [16]



1 - колесо автомобиля; 2 - пружина; 3 - кузов; 4 - амортизатор; 5 - ось автомобиля; 6 - измерительная площадка

Рисунок 11 – Схема метода диагностирования амортизаторов по сцеплению колес с дорогой

«Полученные значения коэффициента падения веса левого и правого колес и их разность (в процентах) выводятся на экран монитора.

Состояние амортизаторов характеризуется следующими соотношениями:

- хорошее – не менее 70 % (для спортивной подвески - не менее 90 %);
- слабое – от 40 до 70 (от 70 до 90);
- дефектное – менее 40 % (от 40 до 70 %).» [16]

«Результаты оценки состояния амортизаторов не должны различаться более чем на 25 % по бортам транспортного средства. Обработка результатов базируется на эмпирических значениях, которые были получены с помощью серийных исследований автомобилей различных производителей. При этом предполагается, что у среднестатистического автомобиля жесткость

амортизаторов, как правило, увеличивается с увеличением нагрузки на ось.

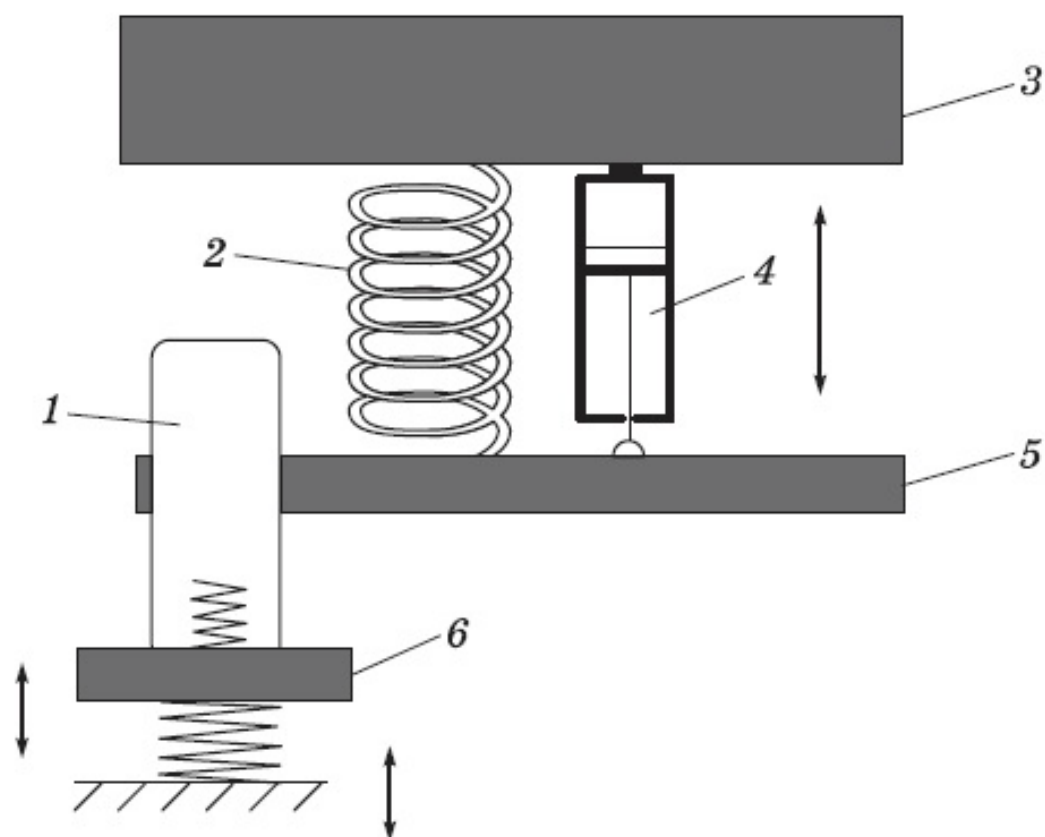
Рассмотренный метод имеет следующие недостатки: результаты измерений зависят от давления воздуха в шине диагностируемого автомобиля; при диагностировании обязательно расположение колеса точно посередине площадки амортизаторного стенда; приложение постоянных внешних сил, боковых сил оказывает влияние на боковое перемещение автомобиля, что сказывается на результатах тестирования.» [7], [22]

«Диагностирование по методу измерения амплитуды, применяемое на оборудовании фирм «Боге» и МАХА, более прогрессивное. Площадка стенда подвешена на гибком торсионе, база колебаний подпружинена как в верхней, так и в нижней части, что позволяет измерять не только вес, но и амплитуду колебаний на рабочих частотах.

Технология проверки амортизаторов и подвески по методу измерения амплитуды заключается в следующем. Колесо автомобиля, установленное на площадку стенда, колеблется с частотой 16 Гц и амплитудой 7,5...9,0 мм (рисунок 12). После включения электродвигателя стенда колесо автомобиля колеблется относительно покоящихся масс автомобиля, частота колебаний увеличивается до достижения резонансной частоты (обычно 6...8 Гц).

После прохождения точки резонанса принудительное возбуждение колебаний прекращается выключением электродвигателей стенда. Частота колебаний увеличивается и пересекает точку резонанса, в которой достигается максимальный ход подвески. При этом осуществляется измерение частотной амплитуды амортизатора.» [11]

«Рабочие характеристики амортизатора определяются в «дроссельном» и «клапанном» режимах. В дроссельном режиме, когда максимальная скорость поршня не более 0,3 м/с, клапаны отбоя и сжатия в амортизаторе не открываются. В клапанном режиме, когда в амортизаторе максимальная скорость поршня более 0,3 м/с, клапаны отбоя и сжатия открываются, причем тем больше, чем больше скорость поршня.» [11], [19]



1 - колесо автомобиля; 2 - пружина; 3 - кузов; 4 - амортизатор; 5 - ось автомобиля; 6 - измерительная площадка

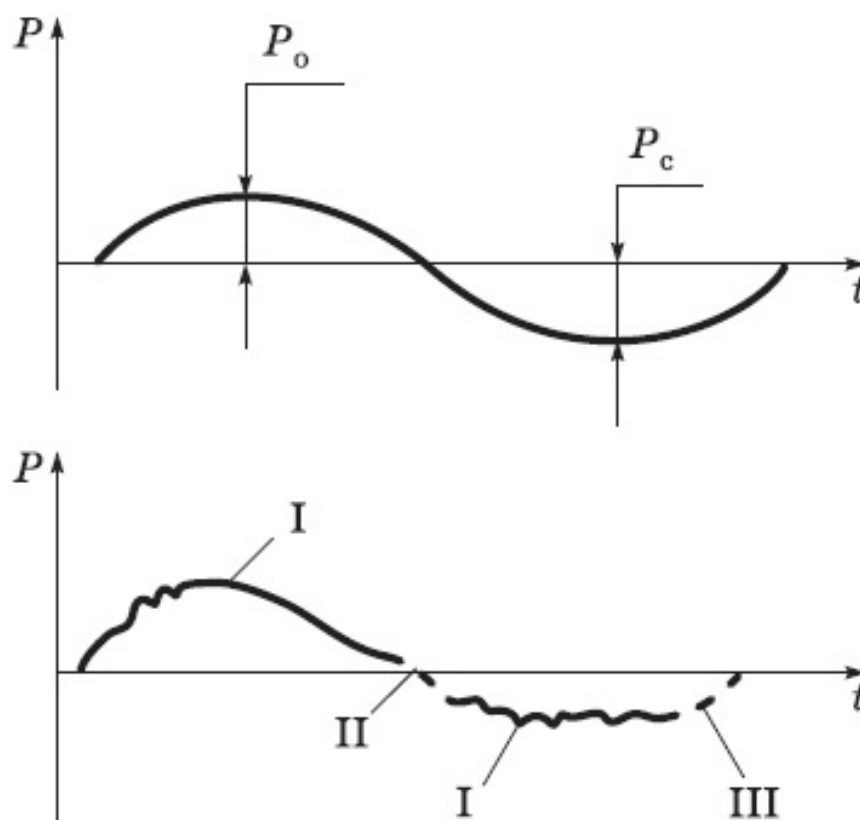
Рисунок 12 – Схема метода диагностирования амортизаторов по амплитудным колебаниям

«Диаграммы при испытании амортизатора на стенде записываются в дроссельном режиме при частоте 30 циклов в минуту, ходе поршня 30 мм, максимальной скорости 0,2 м/с. В случае, когда амортизатор испытывается в амортизаторной стойке, ход поршня составляет 100 мм. Диаграммы записываются в клапанном режиме при частоте 100 циклов в минуту, таком же ходе поршня, что и в дроссельном режиме, и при максимальной скорости поршня 0,5 м/с.» [16]

«При испытании амортизаторов дефектом считается появление жидкости на штоке и у верхней кромки манжеты стойки или сальника амортизатора при условии, что жидкость появляется вновь после протирки места течи. Дефектом считается наличие стуков, скрипов и других шумов, за исключением звуков,

которые связаны с перетеканием жидкости через клапанную систему, а также наличие избыточного количества жидкости («подпор»), эмульсирование жидкости, недостаточное количество жидкости («провал»).

Дефектом считается и отклонение формы кривых диаграмм от эталонной. На рисунке 13 показана эталонная форма диаграммы и форма диаграммы амортизатора с дефектами.» [11], [20]



I, II, III - участки, свидетельствующие о наличии соответственно эмульсирования жидкости, «провала» и «подпора»; P_o , P_c - силы сопротивления при ходе отбоя и ходе сжатия

Рисунок 13 – Диаграммы работы исправного и дефектного амортизаторов

«Амплитуда колебаний определяется по движению следующей за колесом проверочной площадки и регистрируется. При этом измеряется также максимальное отклонение (максимальная амплитуда колебаний). Оно пересчитывается и показывается на экране монитора отдельно для левого и

правого амортизаторов. По графику колебаний на экране монитора можно оценить эффективность амортизаторов, даже не зная параметров, заложенных изготовителем: чем меньше амплитуда резонанса тем лучше работает амортизатор.

Пример документирования результатов проверки амортизаторов передней и задней осей автотранспортного средства на стенде показан на рисунке 14.» [16]



Рисунок 14 - Данные контроля амортизаторов

«Измеренные для каждого колеса на резонансной частоте значения амплитуды колебаний выводятся в миллиметрах. Кроме того, для обоих амортизаторов одной оси выводятся разности хода колес. Благодаря этому можно судить о взаимном влиянии обоих амортизаторов одной оси.

Состояние амортизаторов по амплитудному показателю определяется

следующим образом:

- хорошее – 11...85 мм (для задней оси массой до 400 кг – 11,75 мм);
- плохое – менее 11;
- изношенное – более 85 мм (для задней оси массой до 400 кг - более 75 мм).» [16]

«Разность хода колес не должна превышать 15 мм.

На стендах для проверки амортизаторов, например фирмы МАХА, можно производить поиск шумов подвески. В этом режиме оператор может сам задавать частоту вращения ротора (от 0 до 50 Гц). Без режима поиска шумов источник шума необходимо искать за доли секунды, пока затухают колебания подвески.

ТО стендов для проверки амортизаторов и подвески включает проверку крепления стенда к основанию, а также всех резьбовых соединений через каждые 200 ч работы и не реже одного раза в год. Через каждые 200 ч работы рычаги стенда смазывают густой смазкой.» [11]

4.3 Технология проведения испытания подвески автомобиля

В рамках дипломного проекта следует разработать технологию проведения испытаний подвески автомобиля с использованием конструкции стенда, разработанного в процессе выполнения конструкторского раздела. Данный вид работ позволяет раскрыть навыки технического проектирования технологического процесса. Последовательность выполнения работ представлена в таблице 8. Особенностью исполнения данного технологического процесса является применение разработанного стенда, в котором вибрационная нагрузка создается роликами, закрепленными с эксцентриситетом. Именно эксцентриситет создает вибрации, имитируя перемещение автомобиля по неровностям. Перемещение кузова фиксируется датчиками, входящими в состав стенда.

Таблица 8 – Технологический процесс испытания подвески автомобиля

Наименование операции, перехода	Место выполнения	Оборудование	Трудоемкость	Технические требования
1 Подготовка автомобиля				
1.1 Проверить давление в шинах	Пост ожидания	Манометр	0,5	2,25 МПа для колес передней оси и 2,4 МПа для колес задней оси
1.2 Проверить загруженность транспортного средства (ТС)	Пост ожидания	Весовое устройство	0,5	Нагрузка должна соответствовать заводской инструкции
2 Подготовка стенда				
2.1 Осмотреть стенд и барабаны	Участок контроля	Стенд проверки подвески	0,5	Наличие масла, влаги и усталостных трещин на валах барабанов не допускается.
2.2 Проверить работоспособность стенда	Участок контроля	Стенд проверки подвески	0,5	Убедиться в свободном вращении барабанов и исправности запорного механизма
3 Постановка автомобиля на стенд				
3.1 Установить автомобиль колесами по центру барабанов	Участок контроля	Стенд проверки подвески	0,5	-
3.2 Зафиксировать ТС	Участок контроля	Стяжные ремни	8,0	Убедиться в полной фиксации автомобиля
4. Провести диагностирование подвески				
4.1 Запустить двигатель стенда	Участок контроля	Стенд проверки подвески	0,5	-

Продолжение таблицы 8

Наименование операции, перехода	Место выполнения	Оборудование	Трудоемкость	Технические требования
4.2 На установленном режиме провести замер колебаний	Участок контроля	Стенд проверки подвески	2,0	Удерживать скорость в пределах 5-7 км/ч
4.3 Оценить величину перемещения кузова и балок подвески	Участок контроля	Стенд проверки подвески	5,0	В течении 3,5 – 5 мин
4.4 Сформировать отчет о работоспособности подвески ТС	Участок контроля	Стенд проверки подвески	5,5	-
5 Освободить стенд				
5.1 Произвести расфиксирование ТС	Участок контроля	Стяжные ремни	5,5	-
5.2 Заблокировать барабаны	Участок контроля	Стенд проверки подвески	0,5	Путем поворота рукоятки блокирующего механизма
5.3 Осуществить съезд автомобиля со стенда	Участок контроля	Стенд проверки подвески	2,0	-

Результатом выполнения технологического раздела явилась разработка технологического процесса проведения испытаний подвески автомобиля. Выявлены основные параметры проверки узла. Разработана технология проведения испытаний подвески 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 стенда для испытания подвески автомобиля. Работы производятся на сборочной площадке сборочного участка. Сборка ведется на специализированном рабочем месте, поскольку необходимо соблюдение геометрии сборки узлов. В работе используется специализированный инструмент и приспособления, а также прессовое и подъёмное 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 абстиненции, 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;
- аperiodически 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.» [6]

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.» [6]

В частности, снизить негативное воздействие профессиональных рисков или полностью устранить их воздействие можно следующими методами, для простоты восприятия сведенными в таблицу 9.

Таблица 9 – 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
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.

Продолжение таблицы 9

1	2	3
<p>Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования)</p>	<p>Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды Административные меры обеспечения безопасности труда</p>	<p>Защитные перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники. Проведение инструктажа по правилам ТБ на производстве</p>
<p>Опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей</p>	<p>Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды Административные меры обеспечения безопасности труда</p>	<p>Защитные и вибропоглощающие перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники.</p>
<p>Отсутствие или недостаток необходимого освещения</p>	<p>Обеспечение индивидуальных средств освещения рабочего места Разработка и прокладка осветительных сетей</p>	<p>Индивидуальные переносные фонари и осветительные лампы</p>
<p>Физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса;</p>	<p>Административные меры обеспечения безопасности труда Механизация работ Внедрение в рабочий процесс машин и механизмов, заменяющих ручной труд</p>	<p>Проведение инструктажа по правилам ТБ на производстве</p>
<p>Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса</p>	<p>Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда Обеспечение смены рода деятельности в течении дня</p>	<p>Не предусмотрено</p>

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 10.

Таблица 10 – 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>А1 – горение твердых материалов, сопровождаемое тлением</p> <p>А2 – 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>

Продолжение таблицы 10

<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, объёмное горение, взрыв</p>	<p>пена; тонкораспыленная вода; хладоны; огнетушащие порошки общего назначения; аэрозольное пожаротушение и инертные разбавители: N₂, CO₂, 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, объёмное горение, взрыв</p>	<p>объёмное 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 таким 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 кузовов (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]

В разделе был произведен анализ деятельности на сборочном участке предприятия, осуществляющем сборку стенда для проверки и испытания подвески автомобиля. 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 подвески автомобиля. В разделе рассчитывается себестоимость изготовления 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 сведены для удобства восприятия в таблицу 11. В таблице отражены основные параметры и значения, используемые при расчете себестоимости производимого узла в условиях мелкосерийного производства.

Таблица 11 – Исходные данные для экономического расчета

Наименование	Обозначение	Значение
Годовая программа, шт	ПР _{год}	1000
Штучное время сборки, мин	ВР _{шт}	69,88
Часовая ставка заработной платы: 3 разряд	С _{час}	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 _{т-з}	3
Содержание и эксплуатация оборудования, %	К _{с-эк}	4
Общие производственные расходы, %	ОПР	25
Расходы на общую хозяйственность, %	ОХД	30
Внепроизводственные расходы, %	ВНР	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 12.

Таблица 12 – 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
Двутавр 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 13.

Таблица 13 – 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 13

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 стенда испытания подвески. Расчет выполняется исходя из информации о технологии производства изделия. Результаты расчета сведем в таблицу 14.

Таблица 14 – 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
Премияльные 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:

$$\text{ДОП}_{\text{зп}} = \text{Зосн} \cdot \text{Кд}, \quad (46)$$

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:

$$\text{СОЦ} = (\text{Зо} + \text{ДОП}_{\text{зп}}) \cdot \text{ФСС} \quad (47)$$

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:

$$\text{Робщ} = \text{Зо} \cdot \text{ОПР} \quad (48)$$

где ОПР – общие производственные расходы, ОПР = 25%

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

Произведем расчет общехозяйственных расходов:

$$\text{Рохр} = \text{Зо} \cdot \text{ОХД} \quad (49)$$

где ОХД – коэффициент общехозяйственных расходов, ОХД = 30%

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

Расчет себестоимости стенда для испытания ГУР представим в таблице 15.

Таблица 15 – Себестоимость разработанного стенда для испытания подвески автомобиля

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%

В экономическом разделе был произведен расчет себестоимости изготовления конструкции стенда для испытания подвески автомобиля. 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 стенда для испытания гидравлического усилителя рулевого управления будет являться конкурентной по цене.

Заключение

Разработка стенда испытания подвески 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 проверки подвески автомобиля. 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.

В конструкторском 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 стенда проверки подвески автомобиля. 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 технологического процесса проведения испытаний подвески автомобиля. Выявлены основные параметры проверки узла. Разработана технология проведения испытаний подвески 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 был произведен анализ деятельности на сборочном участке предприятия, осуществляющем сборку стенда для проверки и испытания подвески автомобиля. 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 стенда для испытания подвески автомобиля. 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 стенда для испытания гидравлического усилителя рулевого управления будет являться конкурентной по цене.

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. - 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. Ведущие мосты тракторов и автомобилей: Учебное пособие / Кобозев А.К., Швецов И.И., Койчев В.С. - Москва :СтГАУ - "Агрус", 2016. - 64 с.
5. 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.
6. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» по технологической операции, видам работ, оборудованию, производственному цеху, участку»
7. 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.
8. 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, свободный

9. 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.

10. 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.

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

12. 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.

13. Сергеенко, В.А. Проверочный расчет зубчатых передач транс- миссии автомобилей / В.А. Сергеенко. – Минск : БНТУ, 2016. – 61 с.

14. 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.

15. 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.

16. 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.

17. 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.

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

19. 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.

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

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

22. 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.

