

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 испытаний коробок передач легкового автомобиля

Обучающийся

Р.Ф. Гарифуллин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук И.В. Турбин

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

Консультанты

канд. техн. наук А.В. Бобровский

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

канд. техн. наук А.Н. Москалюк

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

канд. экон. наук Л.Л. Чумаков

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

Тольятти 2024

Аннотация

Тема дипломного проекта «Разработка стенда для испытаний коробок передач легкового автомобиля».

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

Графическая часть диплома представлена на десяти листах формата А1.

Ключевым вопросом дипломной работы являются современные тенденции в автомобилестроении, которые предъявляют повышенные требования к надежности легковых автомобилей малого и среднего классов.

Целью работы является разработка стенда для испытаний коробок передач легкового автомобиля,»[9] что дает возможность применения нового функционала, который включает дополнительные режимы работы, расширенные возможности управления процессом испытаний, интеграцию с другими системами и устройствами проведения процесса обкатки. Последующая разработка стенда может иметь потенциал для дальнейшего развития и модернизации, что сделает испытательные лаборатории, оснащенные данным техническим устройством, более конкурентоспособными на рынке. [3]

«Разработанный в рамках серийного производства технологический процесс для испытаний коробок передач легкового автомобиля, может быть использован в практической деятельности лаборатории.» [20]

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

Abstract

The topic of the graduation project is "Modernization of the test bench for the vacuum brake booster of a passenger car".

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

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

The key issue of the thesis is the current trends in the automotive industry, which place increased demands on the reliability of passenger cars of small and medium classes. The aim of the work is to develop a test bench for the vacuum brake booster of a passenger car, which makes it possible to use new functionality that includes additional operating modes, advanced test process control capabilities, integration with other systems and devices for the running-in process. The subsequent development of the stand may have the potential for further development and modernization, which will make testing laboratories equipped with this technical device more competitive in the market. [3]

"The technological process developed within the framework of mass production for testing the vacuum brake booster of a passenger car can be used in the practical activities of the laboratory." [20]

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

Содержание

Введение	6
1 Основание и развитие проекта	9
1.1 Анализ аналогов разрабатываемого стенда	9
1.2 Испытания коробки передач	9
1.3 Признаки неисправности коробок передач	11
1.4 Способы проверки коробок передач	12
2 Тяговый расчет автомобиля	14
2.1 Общие положения	14
2.2 Масса автомобиля	16
2.3 Анализ поступательного движения автомобиля	18
2.4 Сила сопротивления подъему	21
2.5 Сила инерции автомобиля	24
2.6 Подготовка исходных данных для тягового расчета	25
2.7 Тяговый расчет автомобиля	29
2.8 Сравнение скоростных свойств автомобилей	30
2.9 Тяговые характеристики автомобиля	34
3 Разработка конструкции	37
3.1 Техническое задание	37
3.2 Техническое предложение	43
3.3 Конструкция устройства	47
3.4 Руководство по эксплуатации	52
4 Технологический процесс диагностирования	55
4.1 Принцип действия стенда	55
4.2 Порядок работы стенда при проведении испытаний	56
4.3 Испытания КПП на эффективность	58
5 Безопасность и экологичность технического объекта	60
5.1 Конструктивная и технологическая характеристика объекта	60
5.2 Движение автомобиля при повороте	61

5.3 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков	65
5.4 Технические меры, применяемые для снижения рисков профессионального характера	67
5.5 Функционирование объекта в чрезвычайных и аварийных ситуациях	68
6 Экономический раздел проекта	71
6.1 Технико-экономическое обоснование объекта разработки дипломного проекта	71
6.2 Расчет затрат и экономической эффективности	72
6.3 Расчет экономического эффекта от разработанной конструкции	78
Заключение	82
Список используемых источников.	83
Приложение А Спецификация	87

Введение

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

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

Для определения реакций, возникающих от дороги на колесо, на все двенадцать балочек равного сопротивления наклеиваются тензометрические датчики, соединяемые в измерительные мосты. Градуировка тензометрических балочек проводится перед установкой на плиту. Затем в процессе испытаний выполняются контрольные градуировки с помощью образцовых динамометров и грузов.

Пассажировместимость легкового автомобиля оценивается максимальным числом одновременно перевозимых пассажиров с

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

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

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

Из массивной и жесткой сварной рамы, где на шариках установлена площадка, зафиксированная в боковом направлении четырьмя консольными тензометрическими балочками равного сопротивления и имеющая свободный ход в продольном направлении. Для исключения трения между балочками и площадкой при продольном перемещении на концы балочек надеты шариковые подшипники.

Для сопоставительного анализа автомобилей различных компоновочных схем за основу оценки выбрана степень использования объема двигателя, а степени использования длины и площади

рассматриваются как вспомогательные. При сравнительных испытаниях автомобилей обычно определяют объемы их багажных отделений, которые включают в общие оценки. Следует отметить, что автомобили классической компоновки и с задним расположением двигателя отличаются небольшими объемами багажных отделений, в то время как у автомобилей с приводом на передние колеса имеются возможности для увеличения объемов салонов и багажных отделений. Следует отметить, что единая методика определения объема багажного отделения отсутствует

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

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

1 Основание и развитие проекта

1.1 Анализ аналогов разрабатываемого стенда

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

Как проверить коробку передач легкового автомобиля? Для начала рекомендуется разобраться в устройстве этого узла, понять, какие элементы и узлы за что отвечают. Саму проверку можно выполнить несколькими не очень сложными способами. . В соответствии с темой ВКР и поставленными целями, был проведен поиск аналогов стенда. » [1]

«Изменение передаточного числа трансмиссии осуществляется путем изменения передаточного числа коробки передач, что позволяет обеспечить необходимое изменение силы тяги на ведущих колесах автомобиля для его динамичного разгона и поддержания требуемой скорости при различных условиях его движения, эффективное торможение автомобиля двигателем, а также наиболее эффективную и экономичную работу двигателя.»[20]

1.2 Испытания коробки передач

Схематично устройство коробки передач легкового автомобиля представлено на рисунке 1.

Задачи испытаний коробки передач (обычно непосредственно на автомобиле): проверка работы шестерен на всех передачах; проверка легкости

включения и отсутствия самопроизвольного выключения передач; проверка отсутствия протекания масла.

Испытания заключаются в проверке работы коробки передач после сборки. Не должно быть посторонних шумов; шум должен быть равномерным, без стуков и ударов. Включение передач, вращение валов должно быть легким, без заеданий. Во всех «положениях рычага при включении передач зацепление шестерен и зубчатых муфт должно быть полным. Чтобы проверить работу коробки передач, необходимо понимать устройство данного механизма, показанного на рисунке 1.

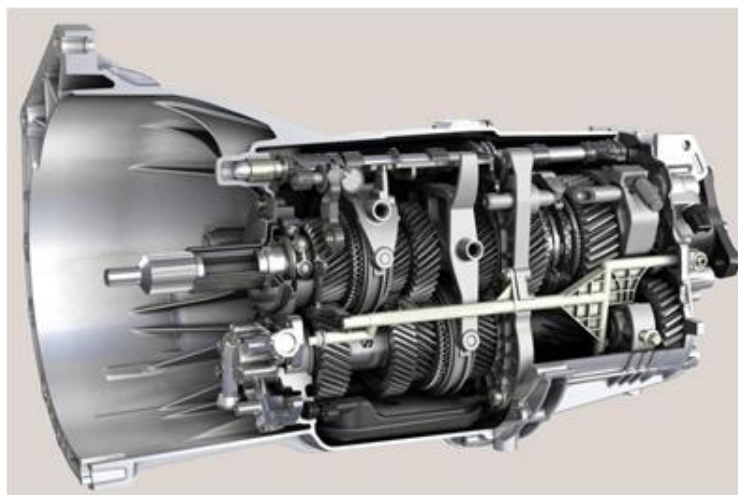


Рисунок 1 –Схема коробки передач

«Механическая коробка передач представляет собой зубчатый редуктор, в котором первичный и вторичный валы могут соединяться при помощи одной из имеющихся в нем зубчатых передач (ступеней) с разными передаточными числами. Соединение первичного вала коробки передач со вторичным при помощи какой-либо ее зубчатой передачи называется включением передачи, а их разъединение – соответственно выключением передачи. При включении передачи осуществляется соединение коленчатого вала двигателя с ведущими колесами автомобиля (после включения сцепления), а при выключении передачи – их разъединение.»[31]

«Передаточное число механической коробки передач равно передаточному числу включенной передачи.

«Изменение передаточного числа механической коробки передач производится ступенчато путем выключения включенной передачи (то есть временного разъединения первичного и вторичного валов) и включения другой передачи с требуемым по условиям движения автомобиля передаточным числом. Изменение передаточного числа коробки передач путем перехода с одной передачи на другую называется переключением передач.» [43]

«На автомобилях с неавтоматической механической коробкой передач переключение передач осуществляется водителем вручную при помощи рычага переключения передач. Рычаг переключения передач механически связан с размещенным в коробке передач специальным механизмом переключения передач, обеспечивающим выключение и включение любой передачи по выбору водителя. Рычаг переключения передач может быть установлен водителем в одно из фиксированных положений, обеспечивающих включение выбранной им передачи, а также в нейтральное положение, при котором все передачи выключены. При нейтральном положении рычага переключения передач, передачи крутящего момента с первичного вала на вторичный не происходит, »[31] так как в этом случае валы не имеют друг с другом жесткой механической связи и могут вращаться независимо друг от друга.» [9]

1.3 Признаки неисправности коробок передач

Возможные неисправности коробок передач, выявленные при испытаниях, могут заключаться в следующем:

- тугое движение штоков при переключениях. Возможные причины – наличие заусенцев на блокировочных сухарях или шариковых фиксаторов, заклинивание сухарей. Следует перебрать коробку;[3]

- самопроизвольное выключение передач, нечеткое включение. Возможные причины: попадание на сборку изношенных колец и муфт синхронизаторов, поломка пружин синхронизаторов; [30]

- утечки масла. При наличии утечек масла проверить затяжку крепления коробки передач к картеру сцепления, крепления крышек коробки, отсутствия повреждения уплотнительных прокладок; [2]

Любой из этих симптомов говорит о том, что пришло время провести разборку и ремонт коробки передач. » [37]

1.4 Способы проверки коробок передач

«Стенд для проверки коробок передач, представленный на рисунке 2, содержит основание с закрепленными на нем продольными направляющими, нагрузочное устройство и соединительное устройство.

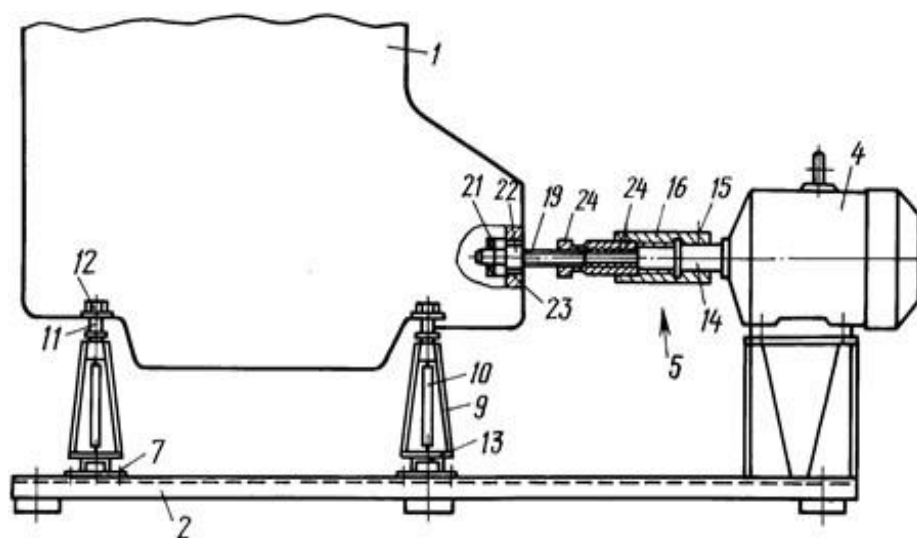


Рисунок 2 – Объект исследования

На продольные направляющие опираются балки, скрепленные с ними крепежными болтами. В балках образованы поперечные направляющие и установлены стойки, в которые установлены винты. На винтах закреплены ложементы с прижимными болтами. Стойки скреплены с поперечными направляющими крепежными болтами. На валу нагрузочного устройства

закреплен болтом внешний цилиндр соединительного устройства. Во внешнем цилиндре установлен внутренний цилиндр, соединенный с ним посредством первого шлицевого соединения. Во внутреннем цилиндре установлен вал, соединенный с ним посредством второго шлицевого соединения. На внешнем цилиндре и на внутреннем цилиндре установлены фиксаторы, подпружиненные пружинами. На внутреннем цилиндре и на валу образованы выемки для размещения фиксаторов» [15].

Вывод:

«Исследуемый объект является устройством, так как характеризуется конструктивными признаками – формой и сопоставимостью размеров деталей: нагрузочное устройство, силовой элемент, рама, привод.

Данный стенд позволяет провести проверку работоспособности элементов автомобильных коробок передач и определить их основные функциональные характеристики. Для достижения цели модернизации необходимо произвести изменения в конструкции привода, рамы и силового элемента. »[29]

2 Тяговый расчет автомобиля

2.1 Общие положения

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

Таблица 1 – Соотношение базовых размеров автомобилей

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

Компактность автомобилей в нашей стране оценивается с помощью коэффициентов (измерителей) компактности $\eta_{en} = L_a V_a / n$ использования длины $\eta_{Lc} = L_c / L_a$. Эти же коэффициенты можно применять при сопоставлении автомобилей одной компоновочной схемы (близких по размерам). Измеритель характеризует удельную общую площадь, приходящуюся на одного пассажира, но он отражает полезной площади автомобиля, обуславливающей его комфортабельность и компактность. Так при одинаковых удельных площадях салона у двух автомобилей длина больше, а багажное отделение меньше у первого. Измеритель является удельным показателем длины салона

(по отношению к общей длине автомобиля). Такой измеритель, хотя и является важным для оценки комфортабельности и компактности, однако недостаточно полно отражает использование общей длины и особенно компактности автомобиля. Измеритель не учитывает размеров багажного отделения и других размеров, важных для оценки автомобилей различных компоновочных схем. Например, у автомобиля коэффициент $\eta_{LC} = 0,438$, а у другого $\eta_{LC} = 0,47$. При использовании этого измерителя следовало бы отдать предпочтение второму автомобилю. Однако объем багажного отделения, не учитываемый этим измерителем, у первого автомобиля составляет $0,28 \text{ м}^3$, а у второго – $0,106 \text{ м}^3$. Для сопоставления легковых автомобилей различных компоновочных схем, а тем более разных размеров, следует использовать большее число измерителей. Наиболее простым и доступным измерителем комфортабельности салона является коэффициент $\eta_{\Pi} = F_c/n$ (F_c - площадь салона в горизонтальной плоскости; n - число пассажиров). Однако этот коэффициент не учитывает удобство размещения сидений и приборов управления, соотношений между отдельными частями автомобиля и его габаритных размеров. [41]

На рисунке 3 представлена «схема сил, действующих на автомобиль».

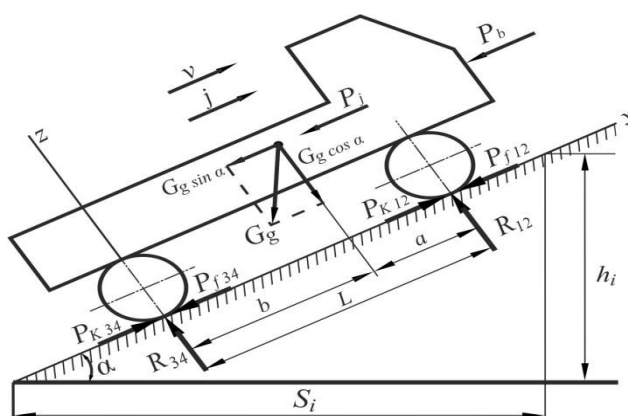


Рисунок 3 – Схема действия сил при прямолинейном движении

Сила сопротивления качению P_f ; и сила сопротивления воздуха P_w , всегда действуют на автомобиль при его движении, а силы сопротивления подъему

P_i и сила инерции P_j автомобиля могут отсутствовать (равномерное движение автомобиля по горизонтальной дороге) или изменять свой знак на обратный (движение под гору, замедленное движение.»[1] Для оценки комфортабельности автомобиля при испытании широко используются измерительные карты с различным числом измерений. В настоящее время в нашей стране и за рубежом широко распространена карта с двадцатью измерениями. Также результаты измерения некоторых легковых автомобилей с приводом на передние колеса могут быть представлены по карте с шестью измерениями.

2.2 Масса автомобиля

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

Масса снаряженного автомобиля m_0 - масса автомобиля с заправкой и снаряжением, но без водителя и пассажиров.»[20]

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

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

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

где m_q - масса водителя или пассажира.

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

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

Масса автомобиля в значительной степени определяет стоимость его изготовления и экономические затраты при эксплуатации. При увеличении массы снаряженного автомобиля и неизменной полной массы уменьшается масса груза, возрастают металлоемкость и стоимость перевозок. Однако снижение массы снаряженного автомобиля не должно отражаться на его прочности, надежности и других свойствах. Масса автомобиля непосредственно зависит от размеров автомобиля.

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

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

Однако оба измерителя не связаны с общими размерами автомобиля, его комфортабельностью и компактностью, поэтому не позволяют провести глубокий анализ различных автомобилей по комплексному параметру использования массы и геометрических параметров. Так, на грузовом автомобиле груз с низким удельным объемом может занимать малый объем (следовательно низкий коэффициент η_{qm}). При перевозке грузов с большим удельным объемом номинальная нагрузка по вместимости не будет обеспечена и коэффициент η_{qm} нельзя использовать для анализа. [36]

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

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

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

2.3 Анализ поступательного движения автомобиля

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

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

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

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

Для обеспечения движения должно выполняться условие по сцеплению ведущих колес.

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

На автомобилях с приводом на передние колеса и поперечным расположением двигателя главная передача цилиндрическая, а на автомобилях классической компоновки – гипоидная с более низким КПД,

поэтому суммарный КПД η_{TP} трансмиссии первых автомобилей на 1-2% выше, чем вторых.

Основным входным параметром большинства измерителей «тягово-скоростных свойств автомобиля является»[42] крутящий момент M_k при соответствующей частоте (или угловой скорости ω_e) вращения коленчатого вала, определяемый по внешней или частичным характеристикам автомобиля, а выходными – параметры, характеризующие тягово-скоростные свойства автомобиля. Взаимосвязь входных и выходных параметров должна быть не только количественной, но и функциональной, вследствие чего и форма внешней скоростной характеристики двигателя не должна быть стабильной для большинства автомобилей, а должна соответствовать назначению отдельных групп автомобилей. Поэтому в настоящее время многие исследователи при рассмотрении тягово-скоростных свойств автомобилей и их расчете обращаются к выражению характеристики двигателя через момент M_e . Для этого используется формула, выражающая функцию тягово-скоростных свойств автомобиля M_e от ω_e через квадратичный трехчлен:

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

При необходимости мощностная характеристика двигателя может быть определена через момент M_e и угловую скорость ω_e :

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

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

Использовать формулу (4) трудно из-за выбора динамических коэффициентов a_m , b_M , $+c_M$, обеспечивающих соответствующие выходные характеристики одного проектируемого автомобиля или группы автомобилей, так как значения этих коэффициентов колеблются в широких пределах. [34]

Для предварительного выбора таких коэффициентов удобно использовать автомобили-аналоги, находящиеся в эксплуатации и наиболее полно отвечающие требованиям, предъявляемым к проектируемому автомобилю. В технических характеристиках автомобилей обычно указываются две исходные точки внешней скоростной характеристики двигателя с координатами N_N , ω_N и M_M , ω_M , используя которые, можно с достаточной степенью точности воспроизвести полные зависимости $N_e = f(\omega_e)$; $M_e = f(\omega_e)$.

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

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

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

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

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

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

В настоящее время на автомобилях в основном применяют двигатели внутреннего сгорания. Их мощностные свойства принято оценивать скоростными характеристиками, представляющими зависимость эффективной мощности или крутящего момента на коленчатом валу при установившемся режиме работы от частоты вращения двигателя. Скоростная характеристика, полученная при полной подаче топлива, называется *внешней скоростной характеристикой*, а полученные при неполной подаче топлива – *частичными*. Скоростные характеристики определяют на специальных стендах. При этом обычно непосредственно находят зависимости эффективного момента двигателя от частоты его вращения, а мощность определяют расчетом.»[4]

2.4 Сила сопротивления подъему

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

Сила сопротивления подъему

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

Крутизна дороги характеризуется углом α_{Π} подъема или величиной уклона i , выражаемой через отношение вертикальной проекции участка дороги к горизонтальной, т.е.

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

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

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

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

«Сила сопротивления воздуха, возникающая при движении автомобиля,

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

где c_x – безразмерный коэффициент лобового сопротивления воздуха;

ρ – плотность воздуха;

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

Площадь лобового сечения автомобиля находится приблизительно: для грузовых»[4] $F_{Л} = B \cdot H_a$ и для легковых $F_{Л} = 0,78 \cdot B_a \cdot H_a$.

С увеличением нагрузки на передние колеса уменьшаются угол атаки и сила сопротивления воздуха. » [22] В связи с этим «автомобили с приводом на передние колеса имеют меньшее сопротивление воздуха, чем автомобили классической компоновки. Кроме того, благодаря поперечному расположению двигателя» [1] у этих автомобилей проще получить форму кузова с меньшими значениями c_x . Обтекающие кузов автомобиля потоки воздуха представлены на рисунках 4 и 5.

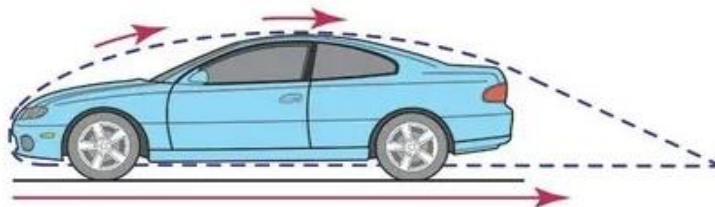


Рисунок 4 – Направление потоков воздуха

«Для современных легковых автомобилей нормального типа коэффициент сопротивления воздуха K колеблется примерно от 0,025 до 0,04,

а для грузовых автомобилей – от 0,05 до 0,07 $кг \cdot сек^2/м^4$. Фактор же сопротивления воздуха W для легковых автомобилей может быть принят в среднем равным 0,05 – 0,1, а для грузовых – 0,15-0,3 $кг \cdot сек^2/м^4$. По данным исследований, с изменением угла атаки в пределах $\pm 2^\circ$ сила сопротивления воздуха меняется в пределах $+9 \div -7\%$, значительно меняется и подъемная сила. При увеличении угла атаки обе силы возрастают. «Удовлетворительным считается увеличение сопротивления воздуха до 5 % при росте угла обдува на 10° , а неудовлетворительным – примерно на 20%.

Сила сопротивления воздуха, представляющая собой равнодействующую элементарных сил, действующих на отдельные элементы поверхности автомобиля, приложена к последнему на определенной высоте от опорной плоскости. Точка приложения этой силы часто называется центром парусности.» [32]

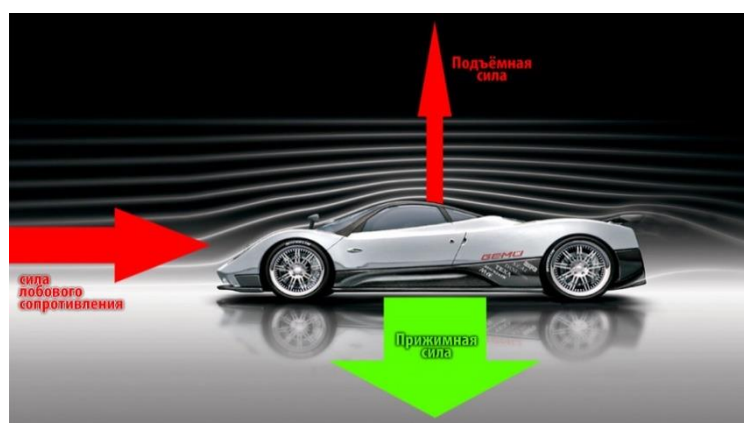


Рисунок 5 – Обтекание кузова потоками воздуха

«Поэтому для максимального уменьшения сопротивления воздуха целесообразно перекрывать всю переднюю часть автомобиля кожухом так, чтобы зазор между ним и землей был минимальным. Все выступающие части, как, например, колеса и крылья, создают дополнительное сопротивление и вызывают значительное завихривание воздуха; поэтому целесообразно и их также перекрывать одним общим кожухом. При этом определяется специальная наиболее выгодная в смысле «автомобильная» форма, которая с

нижней стороны должна быть ограничена плоскостью, возможно близко подходящей к земле.» [4]

2.5 Сила инерции автомобиля

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

При этом

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

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

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

Угловое ускорение колеса $\frac{d\omega_K}{dt}$ может быть выражено через линейное ускорение автомобиля $\frac{d\omega}{dt}$. Принимая радиус качения r_K примерно постоянным, получаем: $v = r_K \cdot \omega_K$; $\frac{d\omega_K}{dt} = \frac{1}{r_K} \cdot \frac{dv}{dt}$.

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

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

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

«Исходные данные для проведения тягово-динамического расчета заднеприводного легкового автомобиля сведены в таблицу 2. Расчет производился в соответствии с методикой, описанной в источнике [3]

Таблица 2 - Исходные данные для проведения тягово-динамического расчета

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

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

2.6 Подготовка исходных данных для тягового расчета

Полная масса автомобиля:

$$m_a = m_0 + m_{\text{ч}} \cdot n + m_{\text{б}} \cdot n, \quad (11)$$

где: m_0 – снаряженная масса автомобиля, кг;

« $m_{\text{ч}} = 75$ кг – масса одного человека;

n – число пассажиров;

$m_{\text{б}}$ – вес багажа.

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

Полный вес автомобиля:

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

где: g – ускорение свободного падения, м/с^2 .

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

«Автомобиль имеет заднеприводную компоновку (задние колеса ведущие), принимаем распределение веса по осям в соотношении: 46% на передние колеса и 54% - на задние. »[6]

«Вес, приходящийся на ведущие колеса: »[4]

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

Вес, приходящийся на ведомые колеса:

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

Параметры обтекаемости автомобиля

Коэффициент обтекаемости

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

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

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

«Лобовая площадь автомобиля

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

где: B – габаритная ширина автомобиля, м;

H – габаритная высота автомобиля, м.

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

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

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

где: d – посадочный диаметр шины, дюйм;

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

H – высота профиля шины. »[4]

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Величины, входящие в правую часть формулы (21), отличаются для различных автомобилей, однако незначительно. Так, для современных легковых автомобилей $j_{umax} = 2\div 2,5$ м/с², меньшие значения относятся к автомобилям особо малого класса, а большие – к автомобилям среднего класса.

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

Графики изменения крутящего момента и мощности двигателя в функции изменения частоты вращения представлены на рисунке 6.

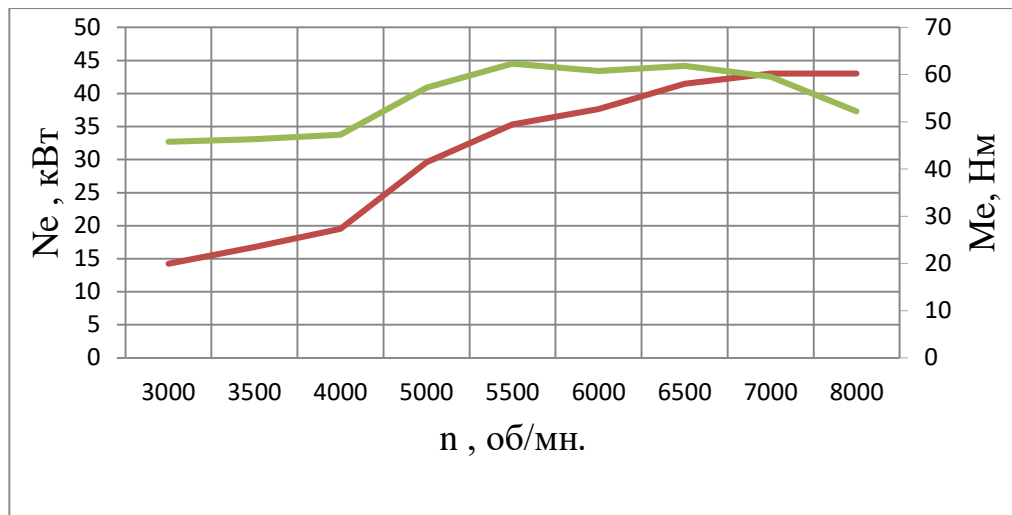


Рисунок 6 – Внешняя скоростная характеристика»[1] двигателя

Из расчетных зависимостей относительного распределения нагрузки автомобиля с приводом на передние колеса по осям (b/L) от максимального ускорения следует, что при сравнительно небольшом изменении максимального ускорения j_u и коэффициентов δ_{II} учета вращающихся масс значения b/L изменяются в широких пределах. «Силы P_f и P_w всегда являются положительными, сила P_i положительна при движении автомобиля на подъем и отрицательна при движении под уклон; сила P_j положительна при ускоренном движении автомобиля и отрицательна при замедленном его движении. [33]

2.7 Тяговый расчет автомобиля

«Тяговый расчет автомобиля с прицепом или полуприцепом производится на основании тех же уравнений, которые приведены были выше для случая тягового расчета двухосного автомобиля. Так как динамическая характеристика для автомобиля с прицепом или полуприцепом отличается от такой характеристики для двухосного автомобиля только масштабом, то, очевидно, выводы, полученные выше для двухосного автомобиля, остаются справедливыми и для автомобиля с прицепом или полуприцепом. Необходимо лишь во все уравнения вместо веса автомобиля G вставить полный вес

агрегата $G + G'$, где G' - вес прицепа или полуприцепа. Однако при тяговом расчете автомобиля с прицепом или могут быть поставлены новые вопросы, которые требуют дополнительного решения. К таким вопросам надо отнести:

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

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

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

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

где G – полный вес автомобиля.

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

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

где G' - полный вес прицепа.

2.8 Сравнение тягово-скоростных свойств автомобилей

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$N_T = (1 - \eta_m) \cdot Nm \quad (25)$$

где η_m – коэффициент нагруженности.

Уравнения мощностного баланса описывают потенциальные тягово-скоростные свойства по характеристикам двигателя и трансмиссии, однако использование этих свойств должно быть обеспечено сцеплением ведущих колес с дорогой, а следовательно, статическим распределением нагрузки по осям. Для сопоставительной оценки рассматриваемых автомобилей по скоростной характеристике на дороге с переменным продольным профилем и при преодолении подъемов на высшей передаче следует рассмотреть динамику движения автомобиля на подъем. При движении происходит перераспределение нормальных реакций: с увеличением угла подъема реакции вырастают «на задних колесах и уменьшаются на передних. При достижении определенного угла подъема у автомобилей с задними ведущими колесами наблюдается потеря сначала управляемости, а затем продольной устойчивости (при достаточном моменте на ведущих колесах сцепления этих колес»[4] с дорогой). Если ведущими являются передние колеса, то продольная устойчивость сохраняется, так как во всех ведущих режимах движения потеря сцепления ведущих колес опережает опрокидывание.

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

В качестве оцениваемых параметров, характеризующих способность автомобиля двигаться на подъем, рассмотрим зависимость скорости движения от угла подъема и максимального угла подъема дороги, по которой «может двигаться автомобиль с установившейся скоростью на низшей передаче.

Свойства автомобиля двигаться на подъем определяются силой P_K тяги, выражаемой через момент двигателя по формуле (26).

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

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

И на задних колесах автомобилей классической компоновки:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

«На рисунке 7 приведены результаты испытания коробки передач автомобиля при включении передач.»[2]

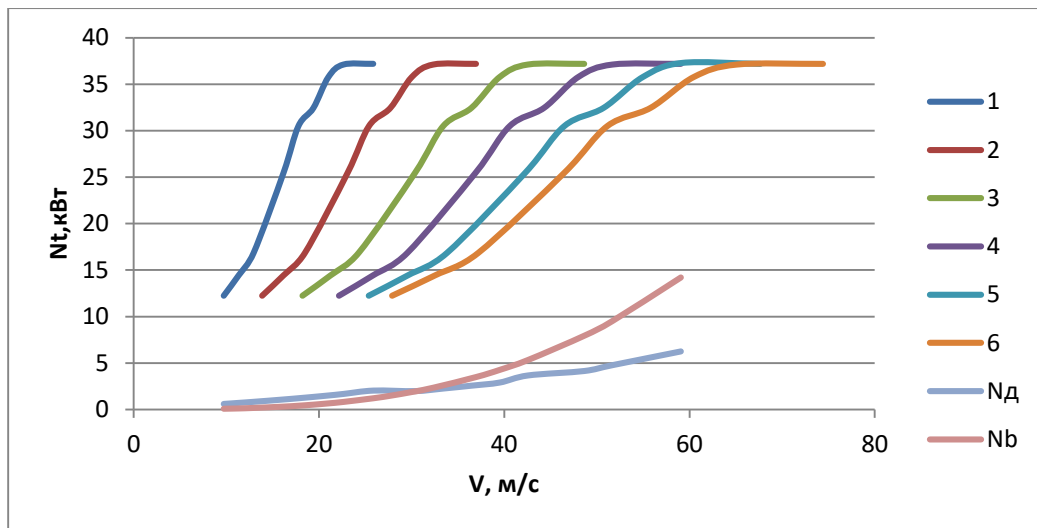


Рисунок 7 – Мощностной баланс

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

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

2.9 Тяговые характеристики автомобиля

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

преодолевающих такие же максимальные подъемы, как и автомобили с задними ведущими колесами при равномерном распределении нагрузки по осям»[13] в виде:

$$b = 0,5L + \varphi \cdot h_{д} + 2f \cdot r_{д} - f \cdot h_{д} \quad (31)$$

Для достижения одинаковых максимальных углов подъема по условию сцепления для рассматриваемых автомобилей необходимо, чтобы «центр масс автомобиля с «приводом на передние колеса был смещен вперед на величину $\Delta a = \varphi \cdot h_{д} + 2f \cdot r_{д} - f \cdot h_{д}$. Из этого уравнения следует, что максимальный угол подъема по условию сцепления ведущих колес» »[24] зависит от конструктивных параметров L , b , $h_{д}$, $r_{д}$ и дорожных условий, характеризующихся величинами φ и f . Проведенные расчеты показали, что с достаточной степенью точности уравнение может быть представлено как $b = 0,5L + \varphi \cdot h_{д}$.

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

Максимальный угол подъема при неполной нагрузке и заданной скорости движения с учетом возможностей двигателя $\alpha_{пд\max}$ может быть определен из отношения правой и левой частей формулы (17) при полной и частичной нагрузках, в которое следует подставлять при полной нагрузке массу M_a , а при частичной – массу $M_{и}$ автомобиля при неполной нагрузке. При частичной нагрузке у автомобилей обеих компоновочных схем обычно

оказываются не полностью загруженными задние сиденья и багажное отделение, при этом «уменьшается нагрузка (абсолютная и относительная) на задних колесах и возрастает (относительная) нагрузка на передних колесах, т.е. происходит смещение центра масс у обоих автомобилей к оси передних колес,»[37] а следовательно, выравниваются возможности преодоления подъемов этими автомобилями.

Результаты расчетов сводим в таблицу «3 и строим графики и на рисунке 8.

Таблица 3 – Результаты расчета топливно-экономической характеристики автомобиля

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

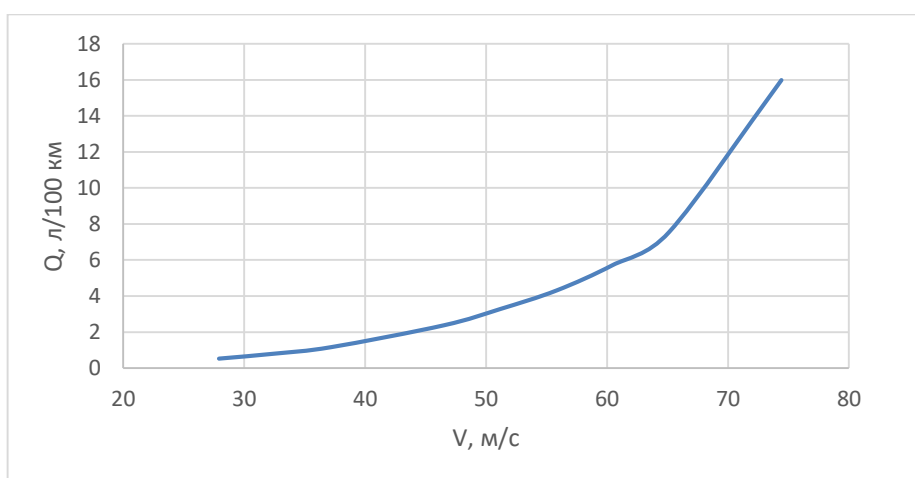


Рисунок 8 – Путь расход топлива» [1]

Вывод:

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

3 Разработка конструкции

3.1 Техническое задание

Наименование и область применения.

«Стенд для испытаний коробки передач. Предназначен для легковых автомобилей. Стенд представляет собой рамную конструкцию для установки коробки передач в агрегатном участке. Стенд будет использоваться в закрытом помещении с искусственным освещением, вентиляцией, в температурном режиме от +15°C до +40°C, в зоне работы оборудования есть источник электропитания.

Основание для разработки. Разработка стенда для испытания коробки передач проводится по заданию кафедры ПЭА в рамках выполнения дипломного проекта на тему: «Разработка стенда для испытаний коробок передач легкового автомобиля». [40]

«Цель и назначение разработки. Разработать стенд для испытаний коробок передач. Стенд должен применяться на АТП, станциях технического обслуживания легковых автомобилей.

Источники разработки. Стенд электромеханический «КС-02».

Технические требования.

Стенд должен состоять из рамы, корбчатых стоек, опоры, раздвижных механизмов привода, маховых масс.

Основание стенда - сварная корбчатая рама с поперечинами. На раме неподвижно закреплены стойки. Стенд крепится к полу анкерными болтами.

Стенд должен обладать следующими преимуществами перед прототипом, выбранным из аналогов: простота в изготовлении, обслуживании, работе. Должна быть предусмотрена возможность его изготовления силами производственно-технического участка АТП. Небольшая масса конструкции, что дает возможность его перемещения и установки в оптимальном с точки зрения планировки месте. Должна быть минимизирована вероятность падения агрегата, с целью повышения»[40]

«безопасности труда и возможности предотвращения случаев производственного травматизма.

Требуется разработать стенд испытания коробки передач ВА3-2107 (рисунок 9).



Рисунок 9 - КПП ВА3-2107

Стенд предполагается использовать на авторемонтных предприятиях и станциях технического обслуживания, где проводится ремонт и техническое обслуживание легковых автомобилей в следующих условиях:

- пол бетонный;
- температура в помещении 15...30°C;
- влажность до 60%;
- освещенность – внутренним и внешним освещением;
- энергия: переменный ток с напряжением в сети 380 В.

Основные технические требования.

Стенд должен состоять из рамы, панели управления,»[40] параметры представлены ниже.

Для объективного принятия решения по дефектам испытаний коробок передач легкового автомобиля стенд должен иметь возможность проверять несколько параметров одновременно.

Разрабатываемый стенд должен обладать технико-экономическими характеристиками, не уступающими характеристикам стендов аналогичного назначения:

Рекомендуемая техническая характеристика стенда:

- тип стенда стационарный, нагружаемый маховыми массами;
- мощность эл.двигателя не более.....10 кВт;
- частота вращения эл.дв. не более..... 3000 об/мин;
- масса стенда, не более.....1000 кг.

По возможности предусмотреть изготовление стенда силами АТП или СТО (возможность выполнения токарных, фрезерных, шлифовальных, слесарных и сварочных работ). Срок эксплуатации стенда – 10 лет. При разработке конструкции установки должны выполняться требования к патентной чистоте.

Разрабатываемый стенд должен удовлетворять требованиям надёжности. Конструкция стенда должна быть безотказна в работе или иметь малую трудоемкость ремонта, иметь хорошие эксплуатационные характеристики, быть технологичной в изготовлении, сохранять работоспособность в течении хранения, а также быть работоспособной после хранения и транспортировки.

В разрабатываемой конструкции стенда должны применяться стандартные изделия, соответствующие требованиям государственного стандарта – электродвигатель, металлопрокат, крепежные изделия и т.д. Также в разрабатываемой конструкции стенда должны предусматриваться варианты дальнейшего усовершенствования конструкции, если это допустимо. С целью упрощения и удешевления конструкции в производстве необходимо также максимально применить покупные изделия, что так же позволит сократить и время на изготовление стенда.»[29]

«При эксплуатации стенда должны выполняться требования стандартов безопасности труда. Безопасность труда обеспечиваются следующими требованиями:

- Требованиями к конструкции (должны быть предусмотрены ограждения подвижных частей и элементов управления стендом, блокировка включения при нерабочем и аварийном положениях, фиксация и крепление рабочих органов при ремонте и в нерабочем состоянии при транспортировке, освещение органов управления, приборы контроля);
- Требованиями к обеспечению нормальных санитарно-гигиенических условий (должна быть предусмотрена местная вентиляция, защитные экраны, организованы работы по уборке и протирке элементов стенда, и т.п.);
- Требованиями электробезопасности (должна быть предусмотрена электроизоляция, стойкая к химическому и механическому воздействию, электроаппаратура должна быть заземлена, а также защитные включения тока при перегрузках и при необходимости экстренного отключения стенда);
- Требованиями пожаро и взрывобезопасности (обеспечивается наличие огнетушителей марки ОУ и ОП для тушения пожаров, устанавливается ящик с песком и другие приспособления для устранения пожара);
- Требованиями к наличию пояснительных знаков и знаков безопасности (например: Осторожно! Посторонним вход воспрещён! защитная окраска ограждений опасных зон и т.п.);
- Требованиями защиты обслуживающего персонала от вредных воздействий (шума, вибраций, температуры и т.п.)

Стенд должен отвечать эргономическим требованиям: пульт управления должен находиться на уровне груди с удобным размещением кнопок и органов управления и не вызывать повышенной усталости в работе оператора.»[29]

«Конструкция стенда должна отвечать требованиям пожаро и электробезопасности.

Стенд должен отвечать эстетическим требованиям: внешние очертания конструкции стенда должны быть простыми и строгими, части стенда предпочтительно выполняются прямоугольной формы, общая концепция стенда не должна оказывать морального давления на психику человека.

Для питания электропривода стенда должен использоваться переменный ток с напряжением сети 380 В.

Стенд должен удовлетворять условиям сборки-разборки. При хранении и транспортировке стенд должен разбираться и упаковываться в ящики, если это необходимо.»[29]

«Конструкторская документация на этапе технического проекта согласовывается с руководителем проекта, также техническими специалистами, рекомендованными руководителем.

Техническое предложение согласовывается с заказчиком и после его утверждения является основанием для разработки технического проекта. Основанием для запуска в серию служит испытание опытного образца.»[40]

Стенд должен устанавливаться на основании с твердым горизонтальным бетонным или стальным покрытием.

Стенд «должен обладать следующими преимуществами перед прототипом, выбранным из аналогов: простота в изготовлении, обслуживании, работе.»[26] Габаритные размеры и основные элементы представлены на рисунке 10. Необходимо предусмотреть возможность «перемещения и установки в оптимальном, с точки зрения планировки, месте. Должна быть обеспечена возможность повышения безопасности»[27] работы со стендом и предотвращения порчи имущества и причинения вреда здоровью рабочего персонала.

«Объект испытаний (коробка передач) устанавливается в рабочем положении согласно технической документации на поперечную раму. К входному валу пристыковывается муфта приводного вала, а к выходному валу - тормозная или нагрузочная система стенда. »[16]

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

Экономические показатели

Бюджет проекта на разработку документации составляет 60.000 руб.

Требования к надежности.

Наработка на отказ не менее 10000 часов.

Требования к стандартизации и унификации.

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

Требования к безопасности.

Возможность устанавливать в помещениях с классом пожароопасности В2.

Требование к численности и квалификации персонала.

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

Требование к техническому обслуживанию.

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

«Стадии и этапы разработки.

- Разработка технического задания;
- Разработка технического предложения;
- Разработка эскизного проекта;
- Разработка рабочего проекта;

- Разработка комплексной конструкторской документации;
- Порядок и контроль приемки.

Производится после каждой стадии или этапа разработки.»[24]

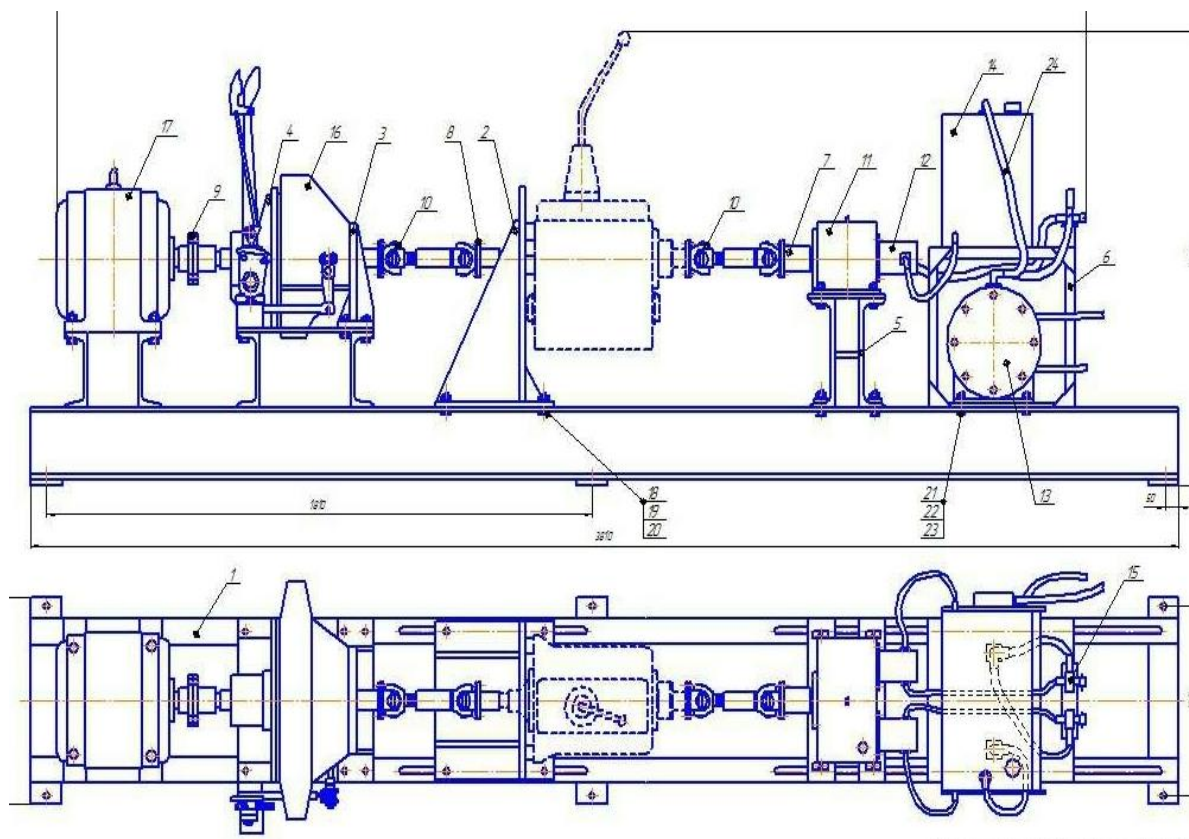


Рисунок 10 - Универсальный обкаточный стенд КП

«Стенд для проверки и испытаний коробок передач легковых автомобилей.»[9] (прототип). Развитие идет в том числе в сфере проектирования стенда для испытаний, создании новых упругих и демпфирующих элементов, снижающих сложность и стоимость конструкции.

3.2 Техническое предложение

В соответствии с техническим заданием «необходимо разработать стенд для испытания коробки передач легковых автомобилей в «автопредприятиях и на станциях технического обслуживания». В качестве исходного варианта предложено использовать универсальный обкаточный стенд.

В настоящее время проведение»[44] технического обслуживания и ремонта автомобилей «невозможно без применения специального оборудования.»[6] «Применением технологического оборудования достигается качество выполняемых работ, уменьшается время, затрачиваемое, на обслуживание автомобиля и возрастает производительность труда.

Диагностические работы являются одними из самых сложных при техническом обслуживании и текущем ремонте автомобиля (около 10÷16% трудоемкости всех работ). Неотъемлемой частью диагностических работ является»[16] оборудование для проверки состояния деталей и узлов легковых автомобилей. Из-за сложности проведения диагностических «работ необходимо использовать специальное оборудование. К этому оборудованию относятся»[21] мотор-тестеры, тестеры исполнительных механизмов, сканеры, разрядники, имитаторы датчиков.

«Преимущество усовершенствованного объекта перед прототипом, выбранным из аналогов, состоит в том, что стенд имеет низкую стоимость прост в изготовлении, обслуживании, работе.»[40] «Небольшая масса конструкции дает возможность его перемещения и установки в оптимальном с точки зрения планировки месте. »[6]

«Устройство стенда. Он состоит из: основания, рамы, электродвигателя, устройства нагружения и пульта управления.»[4].

«Примеры стендов для испытаний и обкатки КПП представлены на рисунках 11, 12, 13 и 14. Стенд обкаточный универсальный, используется для эксплуатирующих организаций, которые имеют разномарочный подвижной состав автомашин, самостоятельно выполняющих текущий или капитальный ремонт. Стенд для обкатки позволяет выполнять приработку и испытание КПП различных марок легковых автомобилей, в трех режимах: в холодном режиме, в горячем без нагрузки и в горячем под нагрузкой.»[40]



«Рисунок 11 - Обкаточный стенд КПП

Но в соответствии с ТЗ необходимо разработать стенд обкатки с применением маховых масс.

Также рассмотрим стенд обкатки КП схожей компоновки и наиболее распространенной конструкции, стенд для тестирования S-6с:

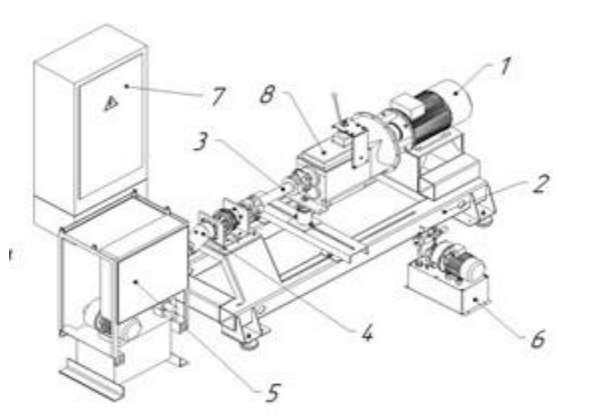


Рисунок 12 - Стенд для проверки «S-6с»

Данный стенд (рисунок 12) также не имеет маховых масс, что и позволяет нам сделать вывод о его непригодности для нашей конструкции. »[40]

Необходимо использовать из первого варианта компоновки, переднюю часть - электродвигатель с испытуемой КПП, заменив карданную передачу, переходной втулкой, с внутренним зацеплением из шлицев. Тем самым,

уменьшается как размер самого стенда, так и его себестоимость, исключив карданный вал.

Помимо этого, используется основание, выполненное из швеллеров, которое стационарно располагается на железобетонном полу.

Стенд для проверки ks-02-w.

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



Рисунок 13 Стенд для тестирования «ks-02-w»

- Работа установки характеризуется низким расходом электроэнергии;
- Расходные материалы и специальные жидкости всегда в наличии. »[16]

Достоинства установки:

- Надёжность – установки работают на сервисах уже более 7 лет.
 - Инструкция на русском языке – книжка.»[26]
 - Производство LANTECH, Россия, Москва
- Стенд для проверки [19] SU8437A:

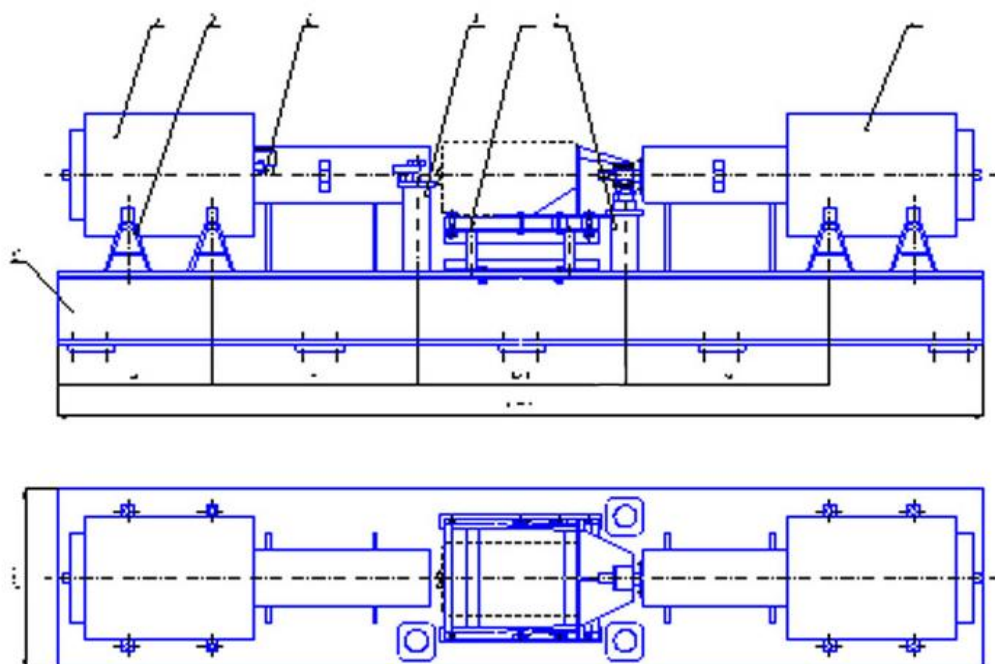


Рисунок 14 – «Стенд для проверки SU8437A»

На основании сравнения характеристик стендов была построена циклограмма, на которой видно, что стенд ks-02-w послеремонтной обкатки КПП перспективен с последующим упрощением применяемых решений и удешевлением его изготовления в условиях поставленной задачи.

3.3 Конструкция устройства

При дальнейшем проектировании необходимо придерживаться выбранного из сравнения оборудования стенда ks-02-w послеремонтной обкатки КПП. Избегать усложнения конструкции и ее изготовление с большими тратами на комплектующие. Так же для облегчения конструирования и проектирования при обучении стоит обратить внимание и на литературу и другие похожие источники информации.»[32]

«Для питания электропривода стенда должен использоваться переменный ток с напряжением сети 380 В.

Рекомендуемая техническая характеристика стенда: Экономические показатели:

Примерная себестоимость, руб 50000;»[30]

Примерный срок окупаемости - 1год.

Прибыль от ежедневного использования, руб. 4000. Цена услуги, руб.1000

«Предлагаемая конструкция станда состоит из сварного основания, на котором установлены основные рабочие узлы (рисунок 15).

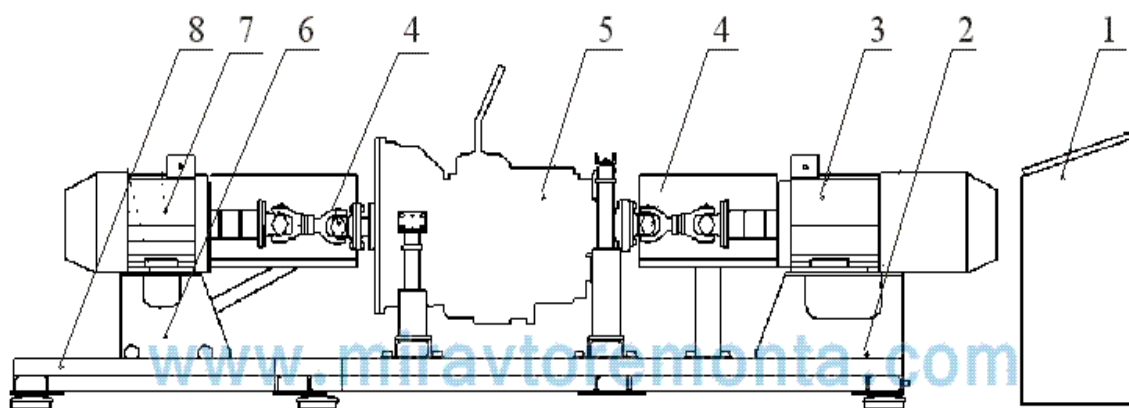


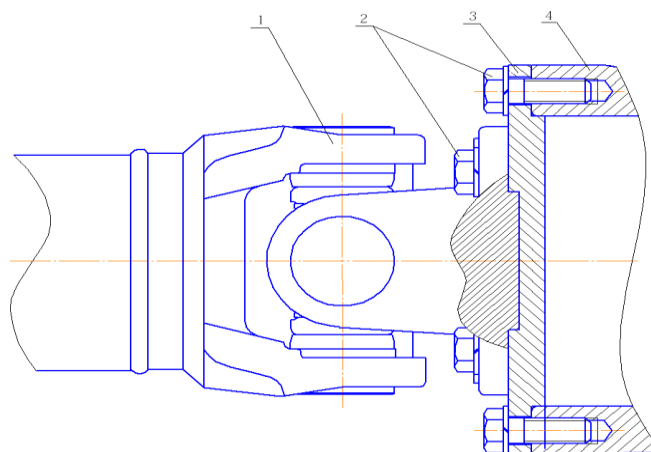
Рисунок 15 - Схема станда испытания и обкатки КП

На сварной раме 8 расположены приводной электродвигатель 7, частотный преобразователь 6, предназначенный для изменения оборотов электродвигателя при обкатке и испытании коробки передач. Частотный преобразователь управления расположен в середине станда для наилучшей обзорности. На кронштейн устанавливается обкатываемая коробка передач 5. В качестве нагрузочных устройств коробки передач при обкатке служат маховые массы 3, соединенные с КП посредством карданного вала 4.

Конструирование отдельных узлов и деталей станда. Узел присоединения КП к приводному электродвигателю. КП входным валом присоединяется к электродвигателю через фланец двигателя, соединенный с шлицевым фланцем от ведомого диска сцепления. »[32]

«Работа узла: Коробку передач при установке на станд совмещаем шлицевым входным валом с шлицевым фланцем, прикрученным болтами к фланцу электродвигателя, совмещаем со шпильками крепления КП к»[32]
«защитному кожуху и прикручиваем гайками.

Узел присоединения карданного вала к маховым массам (рисунок 16).
Карданный вал присоединяется к маховым массам болтами через переходный фланец.



1 – карданный вал, 2 – болт, 3 – переходный фланец, 4 – ступица

Рисунок 16 - Узел присоединения карданного вала к маховым массам

Работа узла: Карданный вал сначала устанавливается на шлицевой выходной вал коробки передач, затем прикручивается болтами к переходному фланцу, прикрученному к маховым массам.

Основание сварное полностью, состоит из швеллеров. На основание рядом с испытываемой КП установлен частотный преобразователь для регулировки оборотов.

Нагрузочное устройство вместе с карданным валом необходимо закрывать защитным кожухом для предотвращения травматизма и несчастных случаев при работе стенда.»[32] В качестве маховых масс предлагается рассмотреть маховик от автомобиля ЗИЛ-5301, рисунок 17.

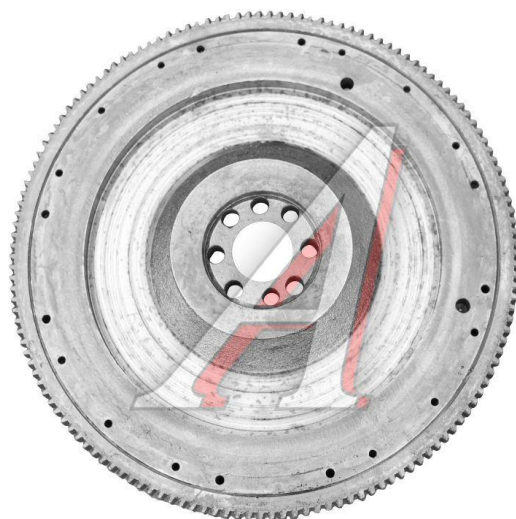


Рисунок 17 - Нагрузочное устройство

Расчет и выбор электродвигателя стенда. Расчет производится исходя из того, что стенд предназначен для обкатки коробки передач. В качестве нагрузочного устройства предполагается применение маховых масс. Обкатку коробки передач предполагается осуществлять с оборотами 500 об/мин, что принимается на основании технических условий на обкатку и приработку коробки передач. Передача момента на маховые массы производится карданным валом. Мощность приводного электродвигателя принимается равной 3,5 кВт, что также принимается исходя из технических условий на обкатку редуктора.

Расчет карданного вала ведем, опираясь на расчет момента на валу электродвигателя, который определяется по формуле:

$$M = N / \omega, \quad (32)$$

где N - мощность электродвигателя, Вт;

ω - частота вращения рад/с,

$$\omega = 2\pi * n / 60 = 2 * 3,14 * 1460 / 60 = 152 \text{ рад/с,} [32]$$

В качестве маховых масс предполагается использовать в нагрузочном устройстве маховики ЗИЛ-5301. Соответственно, расчет сводится к определению количества используемых маховиков и их массы.

Маховую массу для нагрузочного устройства можно рассчитать из условия сохранения кинетической энергии при переключении нагрузки в стенде с приводного электродвигателя на маховик нагрузочного устройства:

$$E_{п} = E_{м},$$

где $E_{п} = \frac{m \cdot n^2 \cdot R^2 \cdot i}{2}$ – кинетическая энергия, развиваемая приводным электродвигателем,

где m – условная вращаемая масса привода, кг

R – условный радиус вращения массы m , м

n – частота вращения вала приводного электродвигателя, c^{-1}

i – передаточное отношение всех звеньев кинематической «цепи»

$$m = m_1 + m_2 + m_3 + \dots = 0,3 + 1,6 + 2,3 + 35 = 39,2 \text{ кг} \quad (33)$$

где: $m_1 + m_2 + m_3 + \dots$ – масса каждого вращающегося узла от электродвигателя до выходного вала испытываемой КП (соединительная втулка, муфта Джуба, вал привода, детали КПП)

$$R = 185 \text{ мм} = 0,185 \text{ м}$$

$$n = 3000 \text{ об/мин, [см. выше];}$$

$$i = 3,667$$

$$\text{Далее } E_{м} = \frac{I \cdot n^2}{2} \text{ – кинетическая энергия маховых масс,} \quad (34)$$

где I – момент инерции маховых масс

$$I = I_{м} \cdot N, \text{ кг м}^2 \quad (35)$$

где: $I_{м}$ – момент инерции одного маховика, примененного в качестве маховой массы в нагрузочном устройстве стенда, кг м^2

N – количество маховиков, шт

Маховик изготавливается в виде тяжелого обода простой цилиндрической формы, поэтому $I_{м}$ можно определить по формуле:»[20]

$$I_{м} \approx G \cdot D^2 / 2,5, \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \quad (36)$$

где G – масса маховика,

D – диаметр маховика,

$$G = 28 \text{ кг};$$

$$D = 370 \text{ мм} = 0,37 \text{ м}.$$

$$\text{Итак: } I_M \approx G \cdot D^2 / 2,5 = 25 \cdot 0,37^2 / 2,5 = 1,369 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \quad (37)$$

«Тогда количество «болванок» определяем из условия: $E_P = E_M$, т.е.:

$$\frac{m \cdot n^2 \cdot R^2 \cdot i}{2} = \frac{I \cdot n^2}{2}, \quad (38)$$

откуда $I = m \cdot R^2 \cdot i$,

Т.к.: $I = I_M \cdot N$ (см. выше), то получаем:

$$N = m \cdot R^2 \cdot i / I_M = 39,2 \cdot 0,185^2 \cdot 3,667 / 1,369 = 3,59 \text{ шт.} \quad (39)$$

Вывод: в конструкции нагрузочного устройства требуется использование 4 маховиков.»[12]

3.4 Руководство по эксплуатации

Вид стенда представлен на рисунке»[42] 18. «Объект испытаний устанавливается на специальную раму. Положение объекта – рабочее, в соответствии с конструкторской документацией на объект испытаний.

Крепление объекта к раме производится болтами с гайками и пружинными (гроверными) шайбами. Подключение объекта к тормозной системе стенда обеспечивается ввертными переходными штуцерами.

Подключение к механической системе стенда производится в соответствии с КД на объект испытаний. Если принцип работы объекта испытаний предполагает наличие расширительного бачка, в тормозной системе стенда предусмотрено крепление для его установки. »[20]

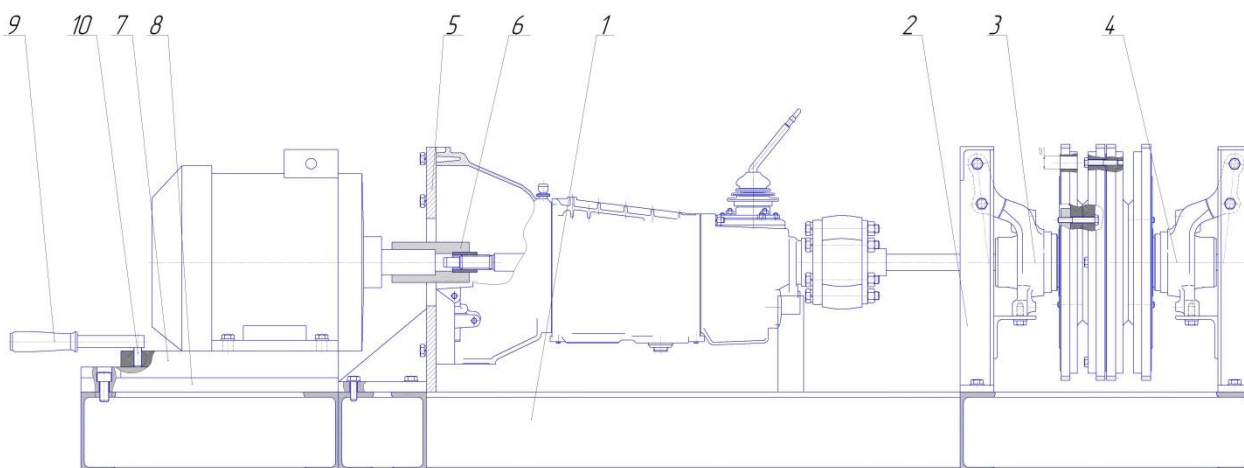


Рисунок 18 Внешний вид стенда

Стенд включает в себя:

- электрический контур проверки работоспособности тормозов;
- пульт управления.

«После установки объекта на стенд и подключения к тормозной системе стенда производится заполнение системы тормозной жидкостью с удалением воздуха из объекта испытаний и гидравлических магистралей.

Герметичность системы проверяется созданием давления в тормозной системе стенда и объекте испытаний и визуальным контролем мест соединения магистралей стенда с объектом испытаний.»[24]

Последовательность рабочих операций

Рекомендуется следующая последовательность действий:

- Проверка герметичности;
- Проверка производительности.

Гарантийные обязательства.

Прибор имеет гарантию на устранение возникших неисправностей и замену составных частей, преждевременно вышедших из строя по вине предприятия изготовителя, в течение 24 месяцев от даты «продажи, при условии соблюдения требований по монтажу, эксплуатации и техническому

обслуживанию, изложенных в настоящем документе. Гарантия относится к дефектам в материалах и узлах и не распространяется на компоненты, подверженные естественному износу.

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

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

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

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

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

- самовольной разборки узлов и агрегатов,
- внесения в конструкцию изменений,

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

Выводы по разделу:

«Проведены исследования и анализ технологического оборудования – стендов для проверки вакуумных усилителей тормозов легковых автомобилей.»[24] «Выполнен обзор существующих конструкций, проведено сравнение достоинств и недостатков различных вариантов. Выбрана конструктивная схема стенда, заданы требуемые характеристики. »[14]

4 Технологический процесс диагностирования

4.1 Принцип действия стенда

«Принцип действия стенда состоит в моделировании условий эксплуатации испытуемого объекта (коробки передач), приближенных к натурным, характеристики стенда представлены в таблице 4.» [4]

«Моделирование условий эксплуатации осуществляется путем:

- удалить защищенное покрытие со всех неокрашенных поверхностей, произвести сборку стенда из поставленного комплекта согласно сборочного чертежа, схема стенда представлена на рисунке 19.
- произвести обязательный перечень работ по регулировке и устранению зазоров в узлах кинематической цепочки стенда (выставление зазоров и соблюдение сносности между соответствующими узлами стенда).
- произвести монтаж и подключение энергосистем стенда и помещения, с обязательным заземлением стенда.
- пульт управления разместить на удаленном расстоянии от стенда (не менее 2 метров от любой точки стенда).
- осуществить пробный пуск стенда (без задействования карданных валов), - в случае необходимости провести наладочные работы, после чего работу произвести в следующем порядке:» [16].

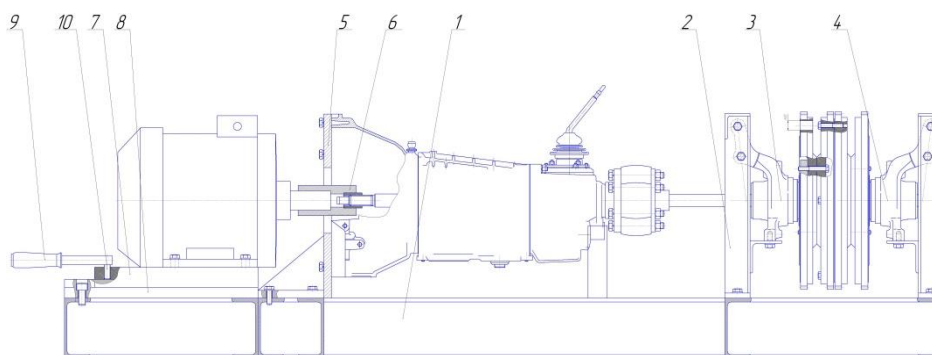


Рисунок 19 – Схема стенда

Таблица 4- Технические характеристики стенда

Характеристика	Описание
Мощность электродвигателя (Трехфазная модификация с применением частотного регулятора)	5,5 кВт
Максимальный нагрузочный момент на выходе стенда к испыт. объектам	116 Нм
Диапазон частоты вращения нагрузочных валов на выходе стенда	0...3000 об/мин
Уровень шума	Не более 80dB
Габаритные размеры (ширина*длина*высота)	600мм×2000мм×1000мм
Вес	300кг

4.2 Порядок работы стенда при проведении «испытаний»

Технология разрабатывается с учетом специфики разрабатываемой в работе конструкции. Предусматривается небольшая доработка и мелкий ремонт коробки передач без ее снятия с стенда для обкатки при условии досягаемости к месту ремонта. Например замена сальника хвостовика и другие работы по устранению течи масла из картера коробки. При отсутствии возможности ремонта коробку снимают со стенда и уносят на кантователь для ремонта. Перечень работ представлен в таблице 5.

Таблица 5 - Технология процесса испытания коробки передач»[32]

Наименование и содержание операции, перехода	Оборудование и инструмент	Трудовое время, чел.мин	Технические требования
1	2	3	4
1 Установка коробки передач на стенд	-	6,3	-
1.1 Установить коробку передач на стенд	Опорная кран - балка	1	Аккуратно направить шлицевой первичный вал коробки в муфту эл.двигателя

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4
1.2 Прикрутить болты крепления коробки передач к стенду	Ключ торцовый S =17мм	4	-
1.3 Присоединить карданный вал к шлицевому валу коробки передач	-	0,3	-
1.4 Прикрутить карданный вал к фланцу маховых масс	Ключ рожковый S =13мм	1	-
2. Испытание коробки передач	-	36	-
2.1 Включить электродвигатель.	Преобразователь частоты	0,2	n=1000 об/мин.
2.2 Проверить коробку передач на режиме холостого хода.	-	2	Проверить наличие посторонних шумов и протекание масла в основном в районе первичного вала
2.3 Выключить электродвигатель	Преобразователь частоты	0,2	-
2.4 Включить первую передачу.	-	0,2	-
2.5 Включить электродвигатель.	Преобразователь частоты	0,2	Регулируя обороты от 200 до 1000 об/мин
2.6 Проверить коробку передач на первой передаче.	-	5	При появлении шума, вибраций, течи масла прекратить испытания
2.7 Выключить электродвигатель.	Преобразователь частоты	0,2	-
2.8 Включить вторую передачу.	-	0,2	-
2.9 Повторить переходы 2.5 – 2.7	-	5,4	При появлении шума, вибраций, течи масла прекратить испытания
2.10 Включить третью передачу.	-	0,2	
2.11 Повторить переходы 2.5 – 2.7	-	5,4	При появлении шума, вибраций, течи масла прекратить испытания
2.12 Включить четвертую передачу.	-	0,2	-
2.13 Повторить переходы 2.5 – 2.7	-	5,4	При появлении шума, вибраций, течи масла прекратить испытания

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4
2.14 Включить пятую передачу.	-	0,2	-
2.15 Повторить переходы 2.5 – 2.7	-	5,4	При появлении шума, вибраций, течи масла прекратить испытания
2.16 Включить задний ход.	-	0,2	-
2.17 Повторить переходы 2.5 – 2.7	-	5,4	При появлении шума, вибраций, течи масла прекратить испытания
3 Снятие коробки передач со стенда	-	3,7	-
3.1 Открутить болты крепления карданного вала.	Ключ рожковый S = 13мм	1	-
3.2 Снять карданный вал с шлицевого вала коробки передач		0,2	-
3.3 Открутить болты крепления коробки передач.	Ключ торцовый S = 17мм	2	-
3.4 Снять коробку передач.	Опорная кран-балка	0,5	-

По нормативным требованиям методических пособий, определив род выполняемых работ, направленных на подвижной состав выбранной модели и производителя подбираются необходимые станки, стеллажи и инструменты.»[34]. В приложении А в спецификации на рисунках А.1, А.2, представлен перечень основных элементов коробки передач.

4.3 Испытания КПП на эффективность

«Испытания на эффективность заключаются в создании стабилизированного вращения приводного вала (ТУ) и создании на каждой из выбранных передач нагрузки, соответствующей максимальному значению момента базового автомобиля, умноженного на передаточное отношение.

По полученным при испытаниях значениям (среднеарифметическое значение результатов не менее трех измерений) строят графики зависимостей

давления на выходе из аппарата от усилий или давлений на его входе. Полученные результаты испытаний должны отличаться не более чем на 10%, заданных в ТД.

Метод испытания КПП зависит от имеющихся в наличии приборов. Непрерывный метод. Используется при наличии датчика нагрузки и графопостроителя или самописца.

Приложить входную нагрузку. Медленно и плавно увеличивать входную нагрузку от нуля до 1770 Н, а затем медленно и плавно уменьшать нагрузку до нуля. Время проведения операции от 6 до 10 с.

Метод приращения. Используется при наличии кольцевых динамометров. Разделить входную нагрузку 1000 Н на равные интервалы приращения. Увеличивать нагрузку на входе через выбранные интервалы и записывать выходную нагрузку при каждом увеличении входной нагрузки.»[24] «При достижении максимальной входной нагрузки уменьшить ее теми же интервалами.»[20]

Выводы по разделу:

«Если при проведении испытаний хотя бы один образец не будет удовлетворять одному из требований настоящих технических условий, то на предприятии-изготовителе должны быть разработаны мероприятия по устранению дефекта, а партию, в которой обнаружен дефект, ОТК предприятия-изготовителя признают неприемлемой. Неприемлемым считается комплектующее изделие, которое приводит к отказу в работе узлов, агрегатов, систем автомобиля при испытаниях или в гарантийный период эксплуатации» [44, 22]

5 Безопасность и экологичность технического объекта

5.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

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

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

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

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

Полученные результаты испытаний для исследованных шин в различных режимах движения колеса показывают, что в приближенных расчетах эксплуатационных свойств автомобиля при отсутствии скольжения и углах увода $\delta \leq 4^\circ$ можно принимать коэффициенты сопротивления уводу в тормозном режиме постоянными, а в ведущем режиме – линейно уменьшающимися с увеличением силы тяги. Для расчетов с большей точностью следует применять сложные зависимости [5, 8]. Стабилизирующие моменты остаются примерно постоянными в ведущем режиме и уменьшаются по линейной зависимости с увеличением тормозных сил. Продольные реакции, ограничивающие возможности применения таких закономерностей, определяются точностью расчета, φ и нормальной нагрузкой колеса. Так, при коэффициенте сцепления $\varphi=0,65$ и тормозной силе 750 Н близкое постоянство коэффициента уводу сохраняется для нормальных нагрузок колеса $G_K \geq 3$ кН. При меньших нормальных нагрузках отклонения становятся существенными.

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

5.2 Движение автомобиля при повороте

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

автомобиля и зависит от многочисленных его конструктивных и эксплуатационных параметров.

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

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

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

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

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

$$J_{\text{ПР}} \cdot \gamma_{\text{КР}} + 0,5\gamma_{\text{КР}} \sum k_{\text{КР}i} B^2 + 0,5\gamma_{\text{КР}} \sum C_{\text{КР}i} \cdot B^2 = M_{\gamma} \quad (40)$$

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

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

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

$$\gamma_{\text{КР}} = \gamma m_0 h_{\text{нр}} / (C_{y1} + C_{y2}) \quad (41)$$

Хотя возможности создания автомобилей различных компоновочных

схем с такой поворачиваемостью для конкретного режима движения большие, сохранить ее в различных условиях эксплуатации невозможно. Кривая 1, отражающая прогрессивный рост угла поворота управляемых колес от бокового ускорения или скорости движения при постоянном радиусе, характерна для автомобилей с начальной и постоянно возрастающей недостаточной поворачиваемостью. Угол поворота возрастает вследствие увеличения разности углов увода $\Delta = \delta_n - \delta_z$, с повышением бокового ускорения и вызывает увеличение как сил на рулевом колесе, так и углов поворота рулевого колеса. Точка Б этой кривой характеризует удвоенное увеличение угла поворота рулевого колеса, и применительно к скорости движения соответствует «характерной» скорости (когда $\theta = 2L/R$), ограничивающей недостаточную поворачиваемость автомобиля общего назначения.

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

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

$$K_y = K_{y0}(1 \pm c_n R_x)(1 \pm c_1 \Delta R_z) \quad (42)$$

$$K_M = K_{M0}(1 \pm c_M R_x)(1 \pm c_M \Delta R_z) \quad (43)$$

где K_y и K_{y0} - коэффициенты сопротивления уводу шин соответственно при статических нагрузках и отсутствии продольных реакций, а также

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

c_h и c_M - величины, учитывающие изменение коэффициентов сопротивления уводу и стабилизирующих моментов в зависимости соответственно от изменения продольных и нормальных реакций;

ΔR_z - изменение нормальных реакций на колесах автомобиля;

R_x - продольная реакция на колесах автомобиля.

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

линейную зависимость между углом θ поворота рулевого колеса и центростремительного ускорением j_δ . [30]

5.3 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Опасные и вредные производственные факторы на посту сборки

Физические факторы можно разделить на следующие:

- движущиеся машины и механизмы;
- «подвижные части производственного оборудования и технической оснастки;
- передвигающиеся изделия, детали, узлы, материалы;

- повышенную запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
- повышенную или пониженную температуру поверхностей оборудования, материалов;
- повышенную или [41] пониженную температуру воздуха рабочей зоны;
- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- «повышенный уровень вибрации;
- повышенный уровень ультразвука и инфразвуковых колебаний;
- повышенное или пониженное барометрическое давление в рабочей зоне и его резкое изменение;» [61]
- «повышенную или пониженную влажность воздуха, ионизацию воздуха в рабочей зоне;» [26]
- «отсутствие или недостаток естественного света;
- недостаточную освещенность рабочей зоны;
- пониженную контрастность;
- повышенную яркость света;
- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и всего оборудования.

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

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

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

К психофизиологическим относят следующие факторы:

- физические «перегрузки на человека (бывают статические и

динамические);

- нервно-психические перегрузки на человека (выделяют» [2] умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки» [46]).

5.4 Технические меры, применяемые для снижения рисков профессионального характера

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

При техническом обслуживании и текущем ремонте автомобилей возникают следующие опасные и вредные производственные факторы: «движение автомобилей, открытые части производственного оборудования, высокая загазованность автомобильными газами, опасности получения повреждений при работе с инструментом и др. [28]

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

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

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

«Для защиты персонала от поражения электрическим током в

ремонтной зоне все электрические кабели (силовые, провода вторичных цепей)» [11] «проведены в изолированных кабель-каналах. Все технологические оборудования занулены через нулевую жилу питающего кабеля, при коротком замыкании происходит автоматическое отключение линии, питающую неисправное оборудование» [4].

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

Корпуса электроинструментов, не имеющие двойной изоляции независимо от частоты при напряжении сети выше 42 В заземлены. [17]

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

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

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

5.5 Функционирование объекта в чрезвычайных и аварийных ситуациях

Пожарная безопасность

Уровень технического оснащения АТП, который растет, осложнение производственных процессов сопровождается повышением энергоемкости производств, высокой концентрацией мощностей и материалов,

использованием полимерных синтетических строительных материалов, увеличением площадей и этажей производственных зданий. При таких условиях отклонения от требований пожарной безопасности приводит к значительному экономическому ущербу и человеческие жертвы.

Пожарная опасность производственных зданий и помещений определяется особенностями выполняемого в них технологического процесса, свойствами применяемых веществ и материалов, а также» [35] условиями их обработки. По взрывопожарной и пожарной опасности «помещения и здания подразделяются на 4 категории. Причинами возникновения пожара на СТО есть:

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

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

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

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

- применение электрического оборудования, соответствующего требованиям ГОСТ 12.1.011; [12]

- исключение перегрева технологического оборудования и контакт его с легковоспламеняющимися материалами;
- утилизация отработанных легковоспламеняющихся материалов;
- наличие установок пожаротушения (порошковые огнетушители);
- максимально возможным» [11] ограничением массы и (или) объема горючих веществ, материалов и наиболее безопасным способом их размещения.

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

«Выводы по разделу:

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

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

6 Экономический раздел проекта

6.1 Техничко-экономическое обоснование объекта разработки дипломного проекта

Техничко-экономическое обоснование является важной частью любого проекта, включая проектирование технического устройства в рамках дипломного проекта. Оно включает в себя анализ технической и экономической целесообразности выполняемого проекта. [10]

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

Техническая целесообразность разработки нового вида конструкции продиктована требованиями, предъявляемым к современным образцам техники. Так, в конструкции стенда применены конструкторские решения, которые позволяют снизить вес конструкции, в первую очередь за счет применения более легких материалов и за счет конструкторских решений, позволяющих уменьшить массу детали без снижения ее прочностных характеристик. Также общий вес конструкции удалось уменьшить за счет более рациональной компоновки деталей. [18]

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

6.2 Расчет затрат и экономической эффективности

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

$$C = M + \Pi и + Зосн + Здоп + СС + Ицех + Изав + НР \quad (44)$$

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

$\Pi и$ – затраты на покупные стенда, используемые в конструкции, руб.;

$Зосн$ – основная заработная плата рабочих, руб.;

$Здоп$ – дополнительная заработная плата рабочих, руб.;

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

$Ицех$ – общецеховые издержки, $Ицех = 85\%$;

$Изав$ – общезаводские издержки, $Изав = 110\%$;

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

Выполним расчет затрат по каждой из статей расходов на изготовление проектируемой конструкции. Расчет затрат на материалы, используемые в

конструкции стенда, рассчитаны в таблице 6. Расчет материальных затрат производится по формуле: [36]

$$M = \sum_{i=1}^n M_n \cdot C_n + k_3 \sum_{i=1}^n M_n \cdot C_n \quad (45)$$

где M_n – количество материала, ед;

C_n – цена материала за единицу, руб.;

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

Таблица 6 – Расчет затрат на материалы

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

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

$$П_i = \sum_{i=1}^n П_{i_n} \cdot C_n + k_3 \sum_{i=1}^n П_{i_n} \cdot C_n \quad (46)$$

где $П_{i_n}$ – количество покупных изделий, ед;

C_n – цена за единицу покупного стенда, руб.;

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

Для удобства проведения расчетов по затратам на закупку и доставку покупных изделий конструкции, сведем их в таблицу 7.

Таблица 7 – Расчет затрат на покупные изделия

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

Наряду с затратами на материалы и покупные станда, при изготовлении новой конструкции предприятие несет издержки также на заработную плату, как основную, так и дополнительную. Расчет заработной платы производится по формуле: [45]

$$Z_o = \sum_{i=1}^n (T_i \cdot C_{T_i} \cdot k_{ч_i} \cdot k_{пр}) \quad (47)$$

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

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

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

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

Расчет основной заработной платы рабочих приводится в таблице 8.

Таблица 8 – Расчет основной заработной платы

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

Наряду с основной заработной платой, рассчитывается размер дополнительной заработной платы. Дополнительная заработная плата – это переменная часть общей заработной платы, которая выплачивается рабочему,

например за определенные условия труда и как определенная гарантия от работодателя. Расчет заработной платы производится по формуле:

$$З_{доп} = З_о \cdot k_{доп}, \quad (48)$$

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

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

Отчисления в фонд социального страхования являются важным компонентом формирования фонда оплаты труда. В отличие от основной и дополнительной заработной платы, эта часть фонда оплаты труда не выплачивается работнику, а оплачивается работодателем в фонд социального страхования напрямую. Расчет величины отчислений в фонд социального страхования рассчитывается по формуле: [38]

$$З_{ФСС} = (З_о + З_{доп}) \cdot 0,3 \quad (49)$$

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

Также предприятие несет издержки, связанные с ремонтом оборудования и его обслуживанием. Соответственно, эта статья затрат должна находить свое отношение в структуре себестоимости. Расчет затрат на содержание и эксплуатацию оборудования определяется как процент от затрат на основную заработную плату. В соответствии с принятой практикой расчетов, принимаем для затрат на содержание и эксплуатацию 104% от затрат на основную заработную плату. Расчет производится по формуле:

$$Р_{об} = З_о \cdot 1,04 \quad (50)$$

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

Общехозяйственные расходы – это расходы по цеху, занятого в производственном процессе. Как правило, это расходы, связанные с

поддержанием работоспособности цеха, транспортировкой и технологическими перемещениями внутри цеха и заработную плату вспомогательного персонала. Расчет общехозяйственных расходов производится как процент от затрат на основную заработную плату. В соответствии с принятой практикой расчетов, принимаем для затрат на общехозяйственные расходы 25% от затрат на основную заработную плату. Расчет производится по формуле:

$$P_{ох} = Z_о \cdot 0,25 \quad (51)$$

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

Общепроизводственные расходы – это расходы предприятия, связанные с выпуском продукции и осуществлением хозяйственной и коммерческой деятельности. Как правило, общепроизводственные расходы включают в себя комплекс расходов, связанных с функционированием предприятия, включая затраты на заработную плату инженерно-технического и административно-управленческого персонала. В соответствии с принятой практикой расчетов, принимаем для затрат на общепроизводственные расходы 30% от затрат на основную заработную плату. Расчет производится по формуле: [23]

$$P_{оп} = Z_о \cdot 0,30 \quad (52)$$

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

Сведение всех статей расходов в общую сумму, даст величину производственной себестоимости продукции. Это затраты предприятия на производство продукции. Добавление к производственной себестоимости внепроизводственных расходов, связанных с продвижением продукции на рынке, позволит рассчитать величину полной себестоимости. Для простоты и удобства восприятия, все статьи расходов сведем в таблицу 9.

Таблица 9 – Расчет себестоимости конструкции

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

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

6.3 Расчет экономического эффекта от разработанной конструкции

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

[39]

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

$$Ц_{и} = С_{п} + С_{п} \cdot 0,15 + С_{п} \cdot 0,20 \quad (53)$$

$$Ц_{и} = 302\,263,78 + 302\,263,78 \cdot 0,15 + 302\,263,78 \cdot 0,20 = 108056,10$$

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

$$Э = Ц_{и} - Ц \quad (54)$$

где $Ц$ – средняя цена станда до модернизации, руб

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

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

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

$$Э_{г} = Э \cdot N \quad (55)$$

где N – объем реализации продукции, ед.

$$Э_{г} = 43667,00 \cdot 50 = 2373450 \text{ руб}$$

Рассчитанный экономический эффект можно использовать при более детальной проработке эффективности внедрения станда, которое позволит

рассчитать срок окупаемости проекта, социальный эффект и ряд иных показателей, которые лежат вне рамок выполнения экономического раздела выпускной квалификационной работы.

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

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

Расчет полной себестоимости дает возможность выполнить расчет цены стенда и определить экономический эффект от их внедрения. Расчет цены и оценка экономического эффекта будет произведен в соответствующем подразделе экономического раздела дипломного проекта. В результате произведенных расчетов определена себестоимость стенда, $C_{п} = 302\,263,78$

руб. Определение себестоимости позволило рассчитать отпускную цену на разработанное изделие. В отпускную цену включается прибыль, которую предприятие предполагает получить от продажи станда, а также налог на добавленную стоимость (НДС). Принимаем отпускную цену $C_{и} = 126\ 000$ руб.

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

Вывод:

Рассчитанный экономический эффект можно использовать при более детальной проработке эффективности внедрения станда, которое позволит рассчитать срок окупаемости проекта, социальный эффект и ряд иных показателей, которые лежат вне рамок выполнения экономического раздела выпускной квалификационной работы. На «основании всего вышеизложенного, можно сделать вывод о выполнении задач, поставленных в рамках выполнения экономического раздела.»[8]

Заключение

«В дипломном проекте на тему «Разработка стенда для испытаний коробок передач легкового автомобиля», проведены технологические расчеты конструктивных элементов, анализ и выбор составных частей устройства, как производимых самостоятельно, так и закупочных.»[17] При «проектировании автомобилей с приводом на передние колеса, для обеспечения силы тяги по сцеплению ведущих колес с дорогой обычно нагрузку на передние колеса в статическом состоянии принимают больше, чем на задние. С увеличением нагрузки на передние колеса улучшается сцепление колес.»[1] Тяговый расчет является ключевым этапом в проектировании автомобиля, поскольку он определяет способность транспортного средства развивать необходимую мощность для обеспечения требуемой производительности. В рамках дипломного проекта он выполняется для подтверждения заявленных тягово-мощностных характеристик автомобиля, взятого для модернизации. Для автомобилей тяговый расчет позволяет определить оптимальные характеристики двигателя и трансмиссии, учитывая массу автомобиля, коэффициент сопротивления движению, уклоны дороги и другие параметры.

Результаты тягового расчета демонстрируют не только технические возможности автомобиля, но и его эксплуатационные характеристики, такие как динамика разгона, максимальная скорость, экономичность и поведение на различных участках дороги. Важно учитывать не только тяговые характеристики двигателя, но и передачи, дифференциала и других компонентов трансмиссии, чтобы обеспечить оптимальное соотношение между мощностью и моментом на колесах.

«Разработанный в рамках экспериментального производства технологический процесс для устройства проверки коробок передач легкового автомобиля, может быть использован в практической деятельности лаборатории.» [13, 18]

Список используемых источников

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

36 Раймпель Й. Шасси автомобиля: Рулевое управление/Пер. с нем. В.Н. Пальянова; Под ред. А. А. Гальбрейха.- М.: Машиностроение, 1987. – 232 с.

37 Стенды тормозные силовые «СТС». Руководство по эксплуатации 10У. 14.00.00.000. - Великий Новгород, 2007. – с. 52.

38 Теория автомобиля и автомобильного двигателя: М.Д. Артомонов, В.В. Илларионов, М.М. Морин. М., Машиностроение, 1968 – 283 с.

39 Dainius, Luneckas. Vilius Bartulis, Research on Probability for Failures in VW Cars During Warranty and Post-Warranty Periods / Luneckas, Dainius. Bartulis, Vilius;. - Mokslas: Lietuvos Ateitis, 2014. -85s.

40 Duna, Tariq Yaseen, Graphical user interface (GUI) for design of passenger car system using random road profile / Tariq Yaseen, Duna;. - International Journal of Energy and Environment, 2016. – 97s.

41 Gethoffen H. Einsatz von Mikroprozessoren in der Nachrichtentechnik. Mikroprozessoren und ihre Anwendungen. / H. Gethoffen // Hrsg. von W. Hiibert und R. Piloty. Munchen, Wien, R. Oldenbourg Verlag, 1977.

42 Lucian, Roman, Mathematical model and software simulation of system from opel cars / Roman, Lucian;. - Annals of the Oradea University: Fascicle Management and Technological Engineering, 2014. -77s.

43 Lange F. H. Signale und Systeme / F. H. Lange. - Bd. 1,2. - Berlin: VEB Verlag Technik, 1975.

44 Catalin, Alexandru. Vlad, Totu, Method for the multi-criteria optimization of car wheel mechanisms / Alexandru, Catalin. Totu, Vlad;. - Ingeniería e Investigación, 2016. – 137s.

45 Pacejka H.B. Some recent investigations into dynamics and frictional behavior of pneumatic tires / H.B. Pacejka// Phys. Tire tract: Theory and Exp. -New York - London, 1974.

46 Rabiner R. Theory and Application of Digital Signal Processing / R. Rabiner, B. Gold. -New York, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1975.

Приложение А
Спецификация

	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Перв. примен.					<u>Документация</u>			
	A1			24.ДП.Пл.ЭА.216.61.00.000СБ	Сборочный чертёж			
	A4			24.ДП.Пл.ЭА.216.61.00.000ПЗ	Пояснительная записка			
					<u>Сборочные единицы</u>			
Справ. №	A1			24.ДП.Пл.ЭА.216.61.00.000СБ	Коробка передач с главной передачей в сборе	1		
					<u>Детали</u>			
Полн. и дата			1	24.ДП.Пл.ЭА.216.10.00.001	Корпус дифференциала	1		
			2	24.ДП.Пл.ЭА.216.10.00.002	Подшипник	1		
			3	24.ДП.Пл.ЭА.216.10.00.003	Шестерня ведомая главной передачи	1		
			4	24.ДП.Пл.ЭА.216.10.00.004	Шестерня главной передачи	1		
			5	24.ДП.Пл.ЭА.216.10.00.005	Подшипник вторичного вала	1		
			6	24.ДП.Пл.ЭА.216.10.00.006	Вал первичный	1		
			7	24.ДП.Пл.ЭА.216.10.00.007	Картер коробки передач	1		
			8	24.ДП.Пл.ЭА.216.10.00.008	Подшипник первичного вала	1		
			9	24.ДП.Пл.ЭА.216.10.00.009	Подшипник	1		
			10	24.ДП.Пл.ЭА.216.10.00.010	Гайка	1		
			11	24.ДП.Пл.ЭА.216.10.00.011	Подшипник	1		
Изм. №	24.ДП.Пл.ЭА.216.10.00.000СБ				Коробка передач в сборе	Лит.	Лист	Листов
	Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.		Дата	1	2
Изм. №	Разработ.	Гарифуллин				ТГУ, ИМ АТС-1901В		
	Проб.	Турбин						
	Руковод.							
	Н.контр.	Турбин						
	Утв.	Бабровский						

Копировал

Формат А4

Рисунок А.1 – Спецификация на коробку передач в сборе

