

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 конструкции испытательного стенда бокового увода  
колёс легкового автомобиля

Обучающийся

И.В. Фомин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

Консультанты

доцент Д.А. Романов

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

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

канд. пед. наук, доцент С.А. Гудкова

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

Тольятти 2023

## Аннотация

Представлен дипломный проект на тему «Разработка конструкции испытательного стенда бокового увода колёс легкового автомобиля».

Актуальность данной темы обусловлена тем, что любые разработки и проводимые работы по модернизации различного уровня требуют комплекса работ по подтверждению их безопасности. Это требует применения испытательных стендов, предназначенных для проведения комплексных испытаний транспортных средств по параметрам устойчивости и управляемости. Одним из важных направлений будет являться критерий бокового увода, что напрямую связано с безопасностью движения транспортного средства.

Дипломный проект состоит из следующих разделов: введение, шесть глав, раскрывающих тему проекта, заключения и списка использованных источников, включая иностранные. Графическая часть диплома представлена на десяти листах формата А1.

Целью дипломного проекта является разработка конструкции испытательного стенда бокового увода колёс легкового автомобиля на уровне технического проекта.

Логически структура дипломного проекта разделена на следующие части, связанные между собой: анализ существующих технических решений в конструкции испытательных стендов контроля бокового увода, тяговый расчет транспортного средства определенного типа для которых разрабатывается испытательный стенд, силовые и прочностные расчеты узлов испытательного стенда и его элементов, разработка технологического процесса изготовления узла, разработка безопасных условий труда на участке и экономическое обоснование эффективности дипломного проекта.

Разработанная в рамках дипломного проекта конструкция испытательного стенда позволит производить испытания транспортных средств в более сжатые сроки и с наиболее наглядными и

идентифицируемыми результатами. Внедрение конструкции в испытательные лаборатории позволит повысить качество производимых испытаний, получать достоверные верифицируемые результаты.

Отдельно необходимо отметить, что результаты выполненной работы в рамках дипломного проекта имеют не только теоретическое, но также обладают практическим значением. Разработанная конструкция может быть реализована в рамках производства испытательных стендов для специализированных лабораторий сертификации транспортных средств.

## **Annotation**

A graduation project was presented on the topic "Development of the design of a test bench for the side slip of wheels of a passenger car."

The relevance of this topic is due to the fact that any developments and ongoing work on modernization at various levels require a set of works to confirm their safety. This requires the use of test benches designed to conduct comprehensive tests of vehicles in terms of stability and controllability. One of the important directions will be the criterion of lateral slip, which is directly related to the safety of the vehicle.

The diploma project consists of the following sections: an introduction, six chapters that reveal the topic of the project, a conclusion and a list of sources used, including foreign ones. The graphic part of the diploma is presented on ten sheets of A1 format.

The purpose of the diploma project is to develop the design of the test stand for the side slip of the wheels of a passenger car at the level of a technical project.

Logically, the structure of the graduation project is divided into the following parts, interconnected: analysis of existing technical solutions in the design of test benches for side slip control, traction calculation of a certain type of vehicle for which a test bench is being developed, force and strength calculations of test bench units and its elements, development of technological assembly manufacturing process, the development of safe working conditions at the site and the economic justification for the effectiveness of the graduation project.

The design of the test bench developed within the framework of the diploma project will allow testing vehicles in a shorter time and with the most visible and identifiable results. Implementation of the design in testing laboratories will improve the quality of tests and obtain reliable verifiable results.

Separately, it should be noted that the results of the work performed within the framework of the graduation project are not only theoretical, but also have

practical significance. The developed design can be implemented as part of the production of test benches for specialized vehicle certification laboratories.

## Содержание

Введение .....	8
1 Анализ конструкции стенда бокового увода колёс легкового автомобиля и факторов, влияющих на боковой увод .....	11
1.1 Анализ факторов, влияющих на боковой увод автомобиля .....	11
1.2 Анализ конструкции испытательных стендов для контроля бокового увода автомобиля .....	13
1.3 Анализ методик проведения испытаний .....	18
2 Расчет тяговых, динамических и показателей топливной экономичности автомобиля малого класса .....	22
2.1 Выбор типа автомобиля для выполнения расчета .....	22
2.2 Тяговый расчет транспортного средства .....	24
3 Разработка испытательного стенда бокового увода колёс легкового автомобиля .....	42
3.1 Техническое задание на разработку испытательного стенда бокового увода колёс легкового автомобиля .....	42
3.2 Техническое предложение на разработку испытательного стенда бокового увода колёс легкового автомобиля .....	45
3.3 Прочностные и силовые расчеты стенда .....	50
4 Технологический процесс контроля величины бокового увода на специализированном стенде .....	55
4.1 Параметры диагностирования параметров бокового увода .....	55
4.2 Наиболее характерные неисправности, влияющие на боковой увод ...	55
4.3 Технологический процесс диагностирования величины бокового увода на стенде .....	57
5 Охрана труда и безопасность жизнедеятельности на участке сборки объекта дипломного проектирования .....	59
5.1 Характеристика участка сборки .....	59
5.2 Профессиональные риски, характерные для участка .....	61

5.3	Разработка мероприятий по снижению воздействия профессиональных рисков на работающих .....	65
5.4	Пожарная безопасность и противопожарные мероприятия на участке	69
5.5	Мероприятия по обеспечению экологической безопасности участка	72
6	Расчет показателей экономической эффективности дипломного проекта .	74
6.1	Характеристика объекта анализа экономической эффективности .....	74
6.2	Расчет себестоимости нормо-часа работ сборочного участка .....	75
	Заключение .....	84
	Список используемых источников .....	89
	Приложение А Графики тягового расчета .....	92

## Введение

В настоящее время автомобильная промышленность сталкивается с повышенными требованиями к безопасности и управляемости автомобилей. Углы установки колес относятся к геометрическим параметрам подвески и включают такие углы, как угол схождения, угол развала и угол наклона оси поворота колес.

Угол схождения определяет угол, на который колеса наклоняются друг к другу при виде сбоку. Правильная настройка угла схождения может улучшить управляемость автомобиля и равномерность износа шин. Угол схождения влияет на стабильность автомобиля при движении по прямой и устойчивость при поворотах.

Угол развала определяет разницу в расстоянии между передними и задними краями колес. Правильная настройка угла развала позволяет более равномерно распределять нагрузку на шины и повышает устойчивость автомобиля при поворотах. Неправильный угол развала может вызвать нежелательный износ шин и ухудшить управляемость.

Угол наклона оси поворота колес определяет угол наклона оси, вокруг которой вращается колесо при повороте. Правильная настройка угла наклона оси поворота колес позволяет более эффективно контролировать повороты и улучшает управляемость автомобиля.

Необходимо отметить, что оптимальные значения углов установки управляемых колес зависят от конкретной модели автомобиля, его характеристик и назначения. Углы установки управляемых колес влияют на управляемость, устойчивость, равномерность износа шин и общий комфорт при движении.

Одним из важных аспектов безопасности является устойчивость автомобиля при выполнении маневров, особенно боковых уводов колес. Боковой увод колес – это важное явление, которое может возникнуть при неправильном управлении или в экстремальных ситуациях, таких как

внезапное появление препятствия на дороге или внезапное изменение направления движения.

Разработка конструкции испытательного стенда бокового увода колес легкового автомобиля является актуальной задачей, так как позволяет проводить экспериментальные исследования и испытания, направленные на изучение и улучшение устойчивости автомобиля в условиях бокового увода колес. Такой стенд позволяет воссоздать условия бокового увода колес на контролируемой тестовой площадке и проводить серию испытаний с различными параметрами, такими как скорость, угол увода, условия дороги и другие факторы.

Целью данного дипломного проекта является разработка конструкции испытательного стенда бокового увода колес легкового автомобиля. В рамках дипломного будут проведены исследования предшествующих работ и существующих стендов, а также разработана концептуальная и детальная конструкция стенда. Также будет выполнен расчет основных элементов стенда и произведен выбор необходимого оборудования.

Полученный стенд позволит проводить экспериментальные исследования, анализировать данные и оптимизировать характеристики управляемости и безопасности автомобиля, а также разрабатывать новые технологии и решения для устойчивости при боковом уводе колес.

Проверка параметров управляемости автомобиля является важным этапом при его конструировании и разработке. Это позволяет убедиться в том, что автомобиль обладает необходимыми характеристиками управляемости, безопасности и комфорта для его будущих пользователей.

Параметры управляемости, такие как поворачиваемость, устойчивость, отклик на рулевое управление и управляемость в экстремальных условиях, имеют прямое влияние на безопасность автомобиля. Проверка этих параметров позволяет обнаружить возможные проблемы и дефекты в конструкции, которые могут привести к непредсказуемому поведению автомобиля на дороге.

Параметры управляемости также оказывают влияние на комфорт и удобство вождения. Например, правильная настройка углов установки управляемых колес и настройка подвески влияют на плавность хода, поглощение колебаний и вибраций от неровностей дороги.

Проверка параметров управляемости автомобиля также осуществляется в соответствии с требованиями и нормативами, установленными автомобильной индустрией и законодательством. В целом, проверка параметров управляемости автомобиля на этапе его конструирования является необходимым шагом для обеспечения безопасности, комфорта и качества автомобиля. Это позволяет выявить и исправить потенциальные проблемы, оптимизировать управляемость и соответствовать требованиям нормативных актов.

Графическая часть дипломного проекта состоит из 10 чертежей, приведённых к формату А1. Пояснительная записка содержит 88 страниц, 12 рисунков, 13 таблиц, перечень используемых источников на 25 источников и одно приложение. Дипломный проект является важнейшей и завершающей частью учебного процесса, а также самостоятельной работой студента, в которой он должен проявить свои знания по специальности и показать свое умение применить эти знания для решения инженерных задач.

В дипломном проекте произведены следующие расчеты: тяговый расчет, техническое задание и техническое предложение на разрабатываемую конструкцию стенда, а также технико-экономическое обоснование проектируемого стенда контроля бокового увода автомобиля, технологический процесс проведения испытаний контроля параметров углов установки управляемых колес, выполнены работы по организации производства и охраны труда.

# **1 Анализ конструкции стенда бокового увода колёс легкового автомобиля и факторов, влияющих на боковой увод**

## **1.1 Анализ факторов, влияющих на боковой увод автомобиля**

Анализ факторов, влияющих на боковой увод автомобиля, является важным аспектом для понимания и предотвращения этого явления. Боковой увод колес может возникнуть в результате нескольких факторов, включая:

Состояние дорожного покрытия. Качество и состояние дорожного покрытия могут существенно влиять на возникновение бокового увода автомобиля. Присутствие неровностей, ям, гравия, льда или других препятствий на дороге может вызывать потерю сцепления колес с дорогой и, следовательно, боковой увод.

Состояние и качество шин могут влиять на боковой увод. Недостаточная или неправильная накачка шин, износ или плохое качество шин могут привести к снижению сцепления с дорогой и увеличению вероятности бокового увода.

Углы установки колес. Неправильная настройка углов установки колес, таких как угол схождения и угол развала, может привести к неравномерному износу шин и неправильной геометрии движения колес, что в свою очередь может стать причиной бокового увода автомобиля. Углы установки колес играют важную роль не только в поворачиваемости автомобиля, но и в возникновении бокового увода.

Угол схождения – это угол, на который колеса наклоняются друг к другу при виде сверху на плоскость расположения колес. Правильная настройка угла схождения может улучшить поворачиваемость автомобиля. Слишком малый угол схождения может привести к недостаточному развороту колес во время поворотов, что ограничивает поворачиваемость. С другой стороны, слишком большой угол схождения может привести к неравномерному износу шин и увеличению бокового увода.

Угол развала – это угол, на который передние и задние колеса наклоняются относительно вертикали. Правильная настройка угла развала может улучшить поворачиваемость и устойчивость автомобиля. Увеличение положительного угла развала (когда верхнее крепление колеса ближе к автомобилю) может улучшить поворачиваемость и отзывчивость рулевой системы. Однако большой положительный угол развала может влиять на стабильность автомобиля на прямых участках дороги. Отрицательный угол развала (когда верхнее крепление колеса удалено от автомобиля) может увеличить стабильность на прямых участках дороги, но может снизить поворачиваемость.

Угол наклона оси поворота колес – это угол относительно вертикали воображаемой оси, вокруг которой колесо поворачивается при выполнении поворота. Правильная настройка угла наклона оси поворота колес может улучшить поворачиваемость, устойчивость и управляемость автомобиля. Угол наклона оси поворота колес обычно зависит от конструкции подвески, но его правильная настройка в сочетании с другими углами установки колес может существенно повлиять на поворачиваемость и увод. При проектировании и настройке подвески автомобиля необходимо учитывать эти углы и достичь оптимального баланса между поворачиваемостью и устойчивостью для обеспечения безопасного и комфортного управления автомобилем.

Скорость и маневренность. Высокая скорость и выполнение маневров, таких как резкие повороты или изменение направления движения, могут привести к боковому уводу автомобиля. В таких случаях, инерция и силы, действующие на автомобиль, могут превысить сцепление колес с дорогой, что приводит к потере контроля над автомобилем.

Профиль подвески и амортизаторы. Профиль подвески и состояние амортизаторов также могут влиять на боковой увод автомобиля. Неправильная настройка подвески или изношенные амортизаторы могут снизить устойчивость и контроль автомобиля, что увеличивает риск бокового увода.

Анализ этих факторов позволяет определить возможные причины бокового увода автомобиля и предпринять соответствующие меры для его предотвращения. Профессиональная настройка углов установки колес, правильное состояние дорожного покрытия, регулярное обслуживание шин, подвески и амортизаторов, а также осторожное и адекватное вождение являются ключевыми мерами для снижения риска бокового увода автомобиля. Также важно при конструировании автомобиля определять весь комплекс факторов в соответствии с массо-габаритными характеристиками проектируемого транспортного средства.

## **1.2 Анализ конструкции испытательных стендов для контроля бокового увода автомобиля**

Анализ конструкций стендов бокового увода является важным для оценки и исправления этого явления на автомобилях. Принято различать следующие разновидности испытательных стендов, в зависимости от типа применяемых датчиков и способа осуществления контроля.

Механические стенды. Механические стенды используют механическое оборудование, чтобы смоделировать боковой увод. Они обычно включают регулируемые устройства, которые изменяют углы установки колес автомобиля. С помощью механических стендов можно провести тесты и измерения, чтобы определить, какие углы установки колес приводят к боковому уводу, и принять меры для его исправления.

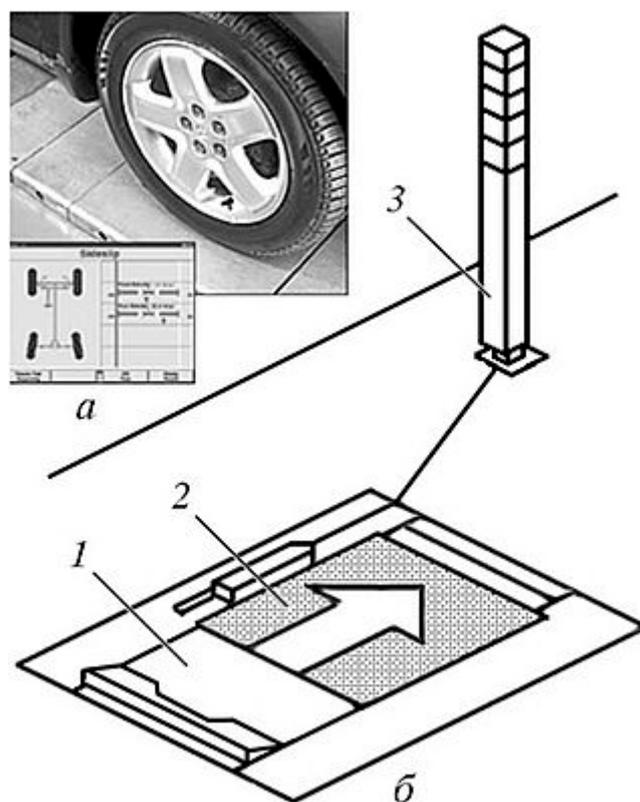
Электронные стенды. Электронные стенды основаны на использовании электроники и датчиков для измерения и анализа параметров углов установки колес. Они могут предоставлять более точные и надежные данные о боковом уводе и других параметрах управляемости автомобиля. Электронные стенды обычно подключаются к компьютерам или специализированным программным обеспечением, которые обрабатывают и анализируют полученную информацию.

Виртуальные стенды Виртуальные стенды используют компьютерные модели и симуляции для анализа бокового увода и других характеристик управляемости автомобиля. С помощью виртуальных стендов можно создавать и тестировать различные сценарии и конфигурации, чтобы определить оптимальные углы установки колес и принять меры для предотвращения бокового увода.

Комбинированные стенды Некоторые стенды комбинируют различные методы и технологии для анализа бокового увода. Например, они могут включать механические устройства для регулировки углов установки колес, электронику для измерения и записи данных, а также компьютерные модели для симуляций и анализа.

Конструкция стендов контроля бокового увода описывается следующим образом.

«Стенд (детекторы увода) представляет собой подвижную горизонтальную измерительную площадку 2 (рисунок 1) размером 500 x 390 мм, с платформой 1 и указательной колонкой (светофором) 3. Платформа устанавливается на опорной балке, утопленной в нише пола. Измерительная площадка размещена на катках и имеет возможность перемещаться в горизонтальном направлении перпендикулярно перемещению автомобиля (направление перемещения автомобиля указывается стрелкой на измерительной площадке). Измерительная платформа устанавливается по ходу движения автомобиля таким образом, чтобы на нее опиралось только одно колесо.» [15]



а – общий вид; б – схема стенда; 1 – платформа с трапами; 2 – измерительная площадка; 3 – светофор

Рисунок 1 – Стенд (детектор) бокового увода. Схема и устройство

Рассмотрим конструкции некоторых видов стендов для определения величины бокового увода. На рисунке 2 представлен стенд бокового увода колес Tractest 4000 Hofmann, Германия.

Стенд Tractest 4000 Hofmann предназначен для проведения проверки величины бокового увода колес как легковых, так и грузовых автомобилей. Стенд позволяет оценивать углы установки колес при проезде автомобиля, с учетом скорости движения и нагрузки на ось. Максимальная величина нагрузки на площадку стенда составляет 20 т.



Рисунок 2 – Стенд бокового увода колес Tractest 4000 Hofmann

Другим аналогом проектируемого стенда, производимого серийно, будет являться стенд проверки бокового увода колес AHS PRUFTECHNIK AT1002, рисунок 3.

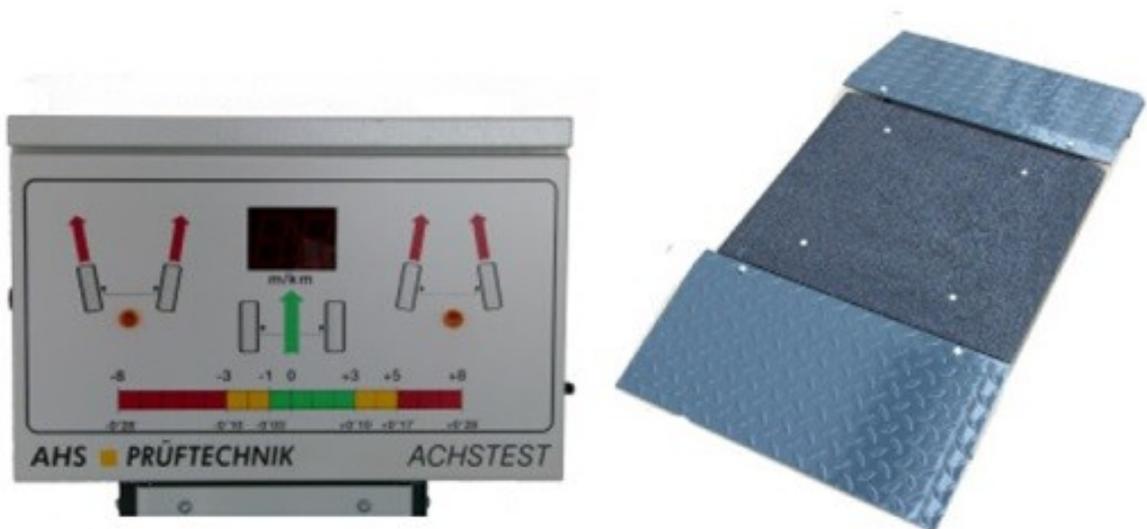


Рисунок 3 – Стенд проверки бокового увода колес AHS PRUFTECHNIK AT1002

Представленный на рисунке 3 стенд предназначен для проведения экспресс-контроля бокового увода легковых автомобилей. Стенд может использоваться как в составе диагностических линий, так и в качестве самостоятельной единицы проведения исследований. Проверка увода производится в момент проезда автомобиля по измерительной площадке.

На рисунке 4 представлен стенд бокового увода ТУ-3000/



Рисунок 4 – Стенд бокового увода ТУ-3000

Анализ конструкций стендов бокового увода позволяет проводить тесты и измерения для определения причин и факторов, влияющих на боковой увод автомобиля.

Это помогает разработчикам и инженерам автомобильной индустрии оптимизировать конструкцию и настройку углов установки колес, чтобы улучшить управляемость, предотвратить боковой увод и обеспечить безопасность на дороге.

### 1.3 Анализ методик проведения испытаний

Методики проведения испытаний на боковой увод автомобиля могут варьироваться в зависимости от конкретных целей и требований.

Вот некоторые общие методики, которые могут использоваться:

1. Испытания на дороге: Это один из наиболее распространенных способов испытаний на боковой увод.

Автомобиль тестируется на реальной дороге с различными условиями, такими как сухое или мокрое покрытие, повороты и неровности дороги.

Во время испытаний собираются данные о поворачиваемости и боковом уводе, используя различные измерительные приборы, например, гироскопы, акселерометры и системы GPS.

Это позволяет оценить поведение автомобиля и выявить проблемы с боковым уводом.

2. Специализированные стенды: Специализированные стенды, такие как стенды для измерения углов установки колес или стенды для моделирования бокового увода, могут использоваться для более точного измерения и анализа параметров, влияющих на боковой увод.

Эти стенды могут имитировать различные дорожные условия и изменять углы установки колес, чтобы определить оптимальные значения для предотвращения бокового увода.

3. Компьютерное моделирование и симуляции: Компьютерное моделирование и симуляции позволяют проводить виртуальные испытания на боковой увод.

С помощью специализированного программного обеспечения можно создавать модели автомобиля и сценарии, которые позволяют анализировать поворачиваемость и боковой увод в различных условиях.

Это может быть полезным для исследования и оптимизации конструкции автомобиля для улучшения управляемости и предотвращения бокового увода.

4. Реальные эксперименты: Другой подход - проведение реальных экспериментов с модификацией углов установки колес, настройкой подвески или других характеристик автомобиля.

Это может включать изменение углов установки колес, проверку воздействия различных факторов, таких как давление в шинах или состояние дороги, и оценку изменений в поворачиваемости и боковом уводе.

Испытания на величину бокового увода на специализированных стендах проводят по методике, позволяющей пересчитывать величину увода в мм/км, делая ее таким образом измеряемой и понятной. Схема проведения испытания приводится на рисунке 5

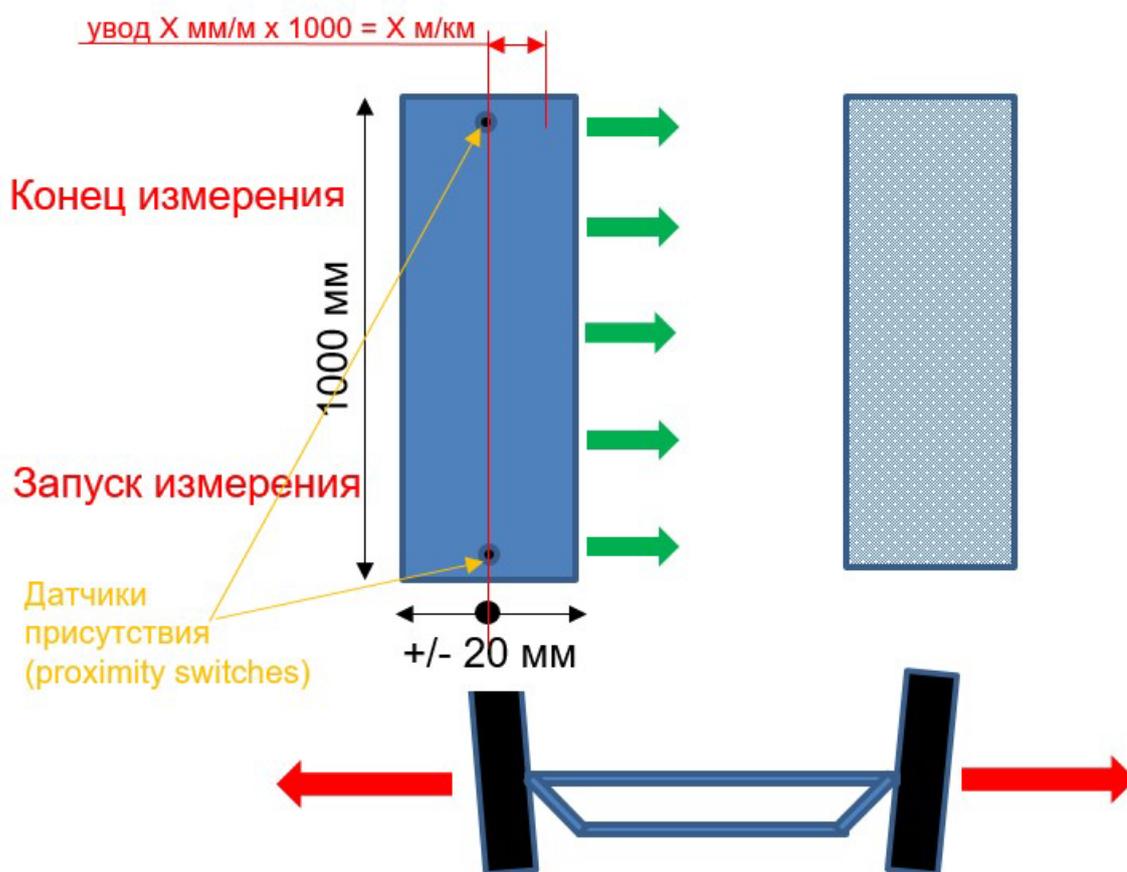


Рисунок 5 – Схема проведения испытаний на величину бокового увода

«Суть метода измерения на стенде проверки бокового увода колеса MINC: на полу монтируется метровая площадка, под которой стоят два датчика. Один датчик расположен на въезде и один на выезде, они фиксируют начало заезда и момент выезда с площадки. Также эта площадка имеет возможность движения влево-вправо на 20 мм.

Площадка стенда расположена со стороны водителя для удобства заезда. Левое колесо заезжает на площадку, а правое катится по твердой поверхности. Допустим, что в процессе движения колеса хотят разъехаться (красные стрелки на схеме), правое колесо катится по твердой поверхности и никуда деться не может, в пятне его контакта возникают боковые силы. По третьему закону Ньютона эти силы передаются через рулевую трапецию на левое колесо, в котором уже есть возможность движения опорной поверхности. В результате при проезде колеса по стенду оно сдвигает опорную пластину на какое-то количество миллиметров, эта величина затем пересчитывается на 1 километр пробега.» [10], [15]

В целом, проведение испытаний на боковой увод автомобиля требует комбинации реальных и виртуальных методик для анализа и оптимизации поворачиваемости и контроля автомобиля. Это позволяет выявить причины бокового увода и предпринять меры для его предотвращения, улучшая безопасность и управляемость автомобиля.

В ходе анализа конструкции стенда бокового увода колес легкового автомобиля и факторов, влияющих на боковой увод, были получены следующие выводы.

Конструкция стенда бокового увода должна соответствовать требованиям испытаний и измерений, включая регулируемые устройства для изменения углов установки колес автомобиля, а также электронную систему сбора данных для точного измерения и анализа параметров бокового увода.

Углы установки колес, такие как угол схождения, угол развала и угол наклона оси поворота колес, оказывают значительное влияние на боковой увод автомобиля. Неправильная настройка этих углов может привести к

нежелательным эффектам, включая снижение поворачиваемости и устойчивости автомобиля, а также увеличение вероятности бокового увода.

Состояние дорожного покрытия, состояние шин, скорость и маневренность автомобиля, а также профиль подвески и амортизаторы - все эти факторы оказывают влияние на боковой увод. Необходимо учитывать их при проведении испытаний и анализе бокового увода для определения причин и разработки соответствующих рекомендаций.

Различные методики проведения испытаний на боковой увод, такие как испытания на дороге, специализированные стенды, компьютерные моделирование и реальные эксперименты, могут использоваться в сочетании для получения наиболее полной и точной информации об углах установки колес и их влиянии на боковой увод.

На основе вышеуказанных выводов можно сделать заключение, что для предотвращения бокового увода и улучшения поворачиваемости и управляемости автомобиля важно правильно настраивать углы установки колес и учитывать другие факторы, влияющие на боковой увод. Оптимальная конструкция стенда бокового увода и правильные методики испытаний позволят получить надежные результаты и разработать рекомендации для оптимизации углов установки колес и повышения безопасности и комфорта вождения.

## **2 Расчет тяговых, динамических и показателей топливной экономичности автомобиля малого класса**

### **2.1 Выбор типа автомобиля для выполнения расчета**

Разработка амортизатора переменной жесткости производится для автомобиля малого класса. В качестве такого транспортного средства для раздела, в котором требуется продемонстрировать расчет тяговых характеристик, принимается транспортное средство, наиболее полно соответствующее требованиям класса. В качестве исходных данных приняты параметры базового автомобиля, взятого в качестве базы для проектирования, принимаем автомобиль Лада Гранта (ВАЗ-2190).

«Автомобиль ВАЗ-2190 малого класса (класс В по международной классификации) является развитием семейства автомобиля Лада Калина. Его производство на заводе в Тольятти началось в декабре 2011 года. На автомобиль Лада Гранта ВАЗ-2190 устанавливаются 8-клапанные двигатели ВАЗ-11183 (80 л.с.), ВАЗ-21116 (87 л.с.), ВАЗ-11186 (87 л.с.) и 16-клапанный двигатель ВАЗ-21126 (98 л.с). Все двигатели рабочим объемом 1,6 л расположены поперек моторного отсека, оснащены системой распределенного впрыска топлива и каталитическим нейтрализатором отработавших газов, конструктивно выполненным в едином блоке с выпускным коллектором.» [1], [5]

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

Трансмиссия на автомобиле Лада Гранта ВАЗ-2190 выполнена по переднеприводной схеме с приводами ведущих колес разной длины. Передняя подвеска независимая, пружинная, со стабилизатором поперечной устойчивости, с гидравлическими амортизаторными стойками.» [2], [6]

«Задняя подвеска полузависимая, с Н-образной поперечной балкой, с несъемным стабилизатором поперечной устойчивости, с гидравлическими амортизаторными стойками. Тормозные механизмы передних колес дисковые, с плавающей скобой, тормозные механизмы задних колес барабанные. В варианном исполнении автомобиля Лада Гранта ВАЗ-2190 могут быть оснащены антиблокировочной системой тормозов (ABS).» [1], [7]

Внешний вид автомобиля ВАЗ-2190 представлен на рисунке 6.

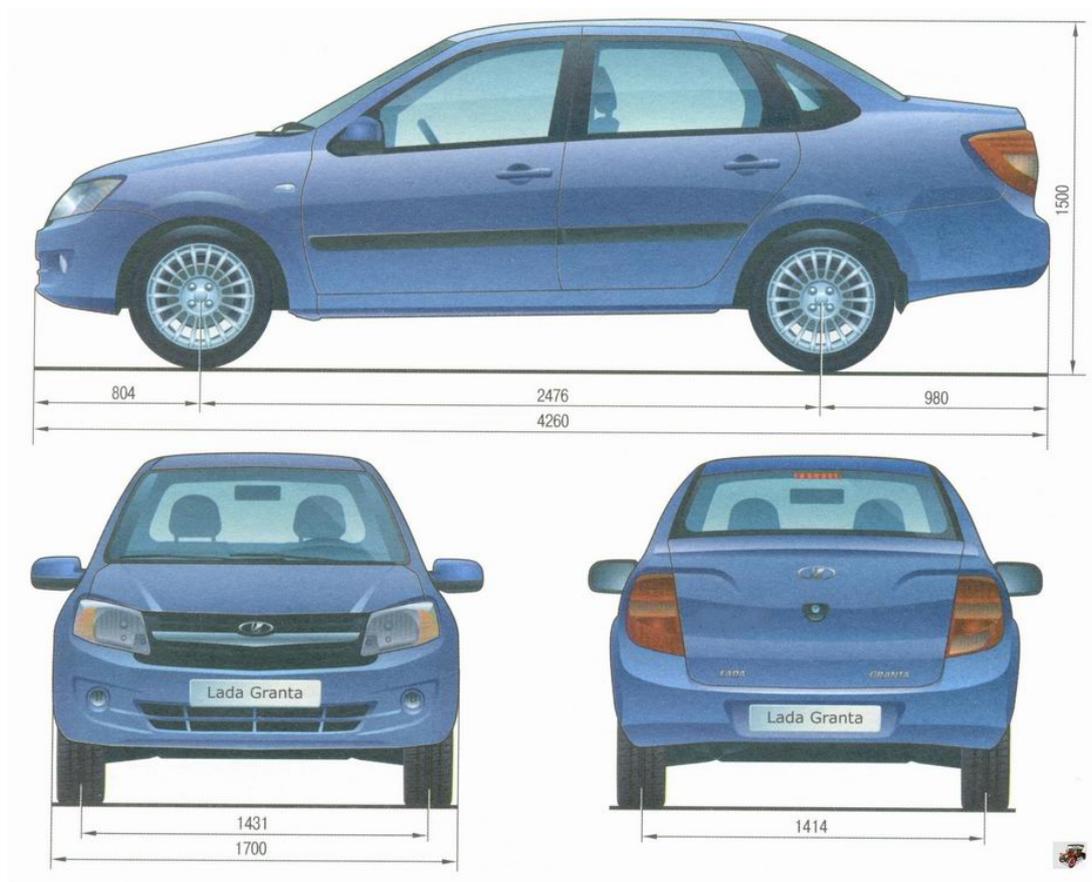


Рисунок 6 – Внешний вид и габаритные размеры автомобиля Лада Гранта ВАЗ-2190

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

## 2.2 Тяговый расчет транспортного средства

Полная масса автомобиля определяется следующим образом:

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

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

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

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

$n_{п}$  – количество пассажиров, включая водителя:  $n_{п} = 5$  человек.» [2], [11]

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

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

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

Определим полный вес автомобиля:» [2], [13]

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

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

Определим вес, приходящийся на переднюю ось автомобиля:

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

Определим вес, приходящийся на заднюю ось автомобиля:

$$G_2 = \frac{m_a * 45 * g}{100} = \frac{1560 * 55 * 9,81}{100} = 6887H \quad (4)$$

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

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

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

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

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

Определяем посадочный диаметр обода  $d$ , наружный диаметр  $D_n$  и статический радиус колеса  $r_{ст}$ :» [14], [16]

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

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

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

$$B = 165 \text{ мм};$$

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

где  $\lambda_{cm}$  – коэффициент, учитывающий смятие шины под нагрузкой: для радиальных шин легковых автомобилей, принимаем  $\lambda_{cm} = 0,95$ ;» [4], [24]

Определяем радиус качения колеса:

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

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

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

где  $A_B$  – площадь лобового сопротивления;

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

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

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

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

$B_{\Gamma} = 0.160$  м;

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

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

$n$  – максимальное число колес одного моста автомобиля: при односкатных задних колесах  $n = 2$ .» [1], [17]

Максимальная стендовая мощность двигателя

$$P_{\text{вmax ст}} = \frac{P_{\text{в max}}}{k_{\text{ст}}} = \frac{64}{0,95} = 67,37 \text{ кВт} \quad (12)$$

Определим максимальную мощность двигателя:

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

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

Мощность при максимальной скорости определяется на основании формулы:» [4], [8]

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

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

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

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

$n_p = 5100$  об/мин;

$a, b, c$  – эмпирические коэффициенты.» [2], [18]

Для карбюраторного двигателя легкового автомобиля коэффициенты находим по формулам:

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

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

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

где  $k_M$  – коэффициент приспособляемости по крутящему моменту;

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

«Коэффициенты приспособляемости рассчитываем по стендовым параметрам двигателя:

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

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

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

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

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

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

$n_i$  – обороты коленчатого вала при максимальном крутящем моменте:  $n_i = 3800$  об/мин.» [1], [21]

Проверяем условие:

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

$$0.7+2\cdot 1.6+3\cdot(-1.3)=0$$

Условие выполняется:

Определим обороты коленчатого вала при максимальной скорости:

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

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

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

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

«где  $\eta_{тр}$  – КПД трансмиссии; при работе трансмиссии с полной нагрузкой, т. е. при работе двигателя по внешней скоростной характеристике имеем:» [1], [22]

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

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

$z_1, z_2 = 0; z_3 = 0; z_4 = 4$ . – соответственно число пар цилиндрических шестерен наружного зацепления, внутреннего зацепления, конических шестерен и число карданных сочленений, передающих крутящий момент от

коленчатого вала двигателя к ведущим колесам на  $i$ -ой передаче в КП.» [4], [23]

В расчетах принимаем:

$$\eta_1 = 0.982; \eta_2 = 0.99; \eta_3 = 0.97; \eta_4 = 0.99;$$
$$z_1 = 2; z_2 = 0; z_3 = 0; z_4 = 4.$$

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

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

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

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

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

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

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

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

Для заданной модели автомобиля  $U_1 = 2,75$

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

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

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

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

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

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

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

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

Определим минимальную устойчивую скорость движения автомобиля:

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

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

«Передачные числа промежуточных передач выбираются из условия обеспечения максимальной интенсивности разгона автомобиля, а также длительного движения при повышенном сопротивлении дороги.» [3], [25]

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

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

Рассчитанные и фактические значения передаточных чисел коробки передач приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Передаточные числа коробки передач

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

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

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

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

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

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

Значение крутящего момента при различных оборотах рассчитываем по формуле:

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

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

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

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

Далее расчеты производим аналогично

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

Результаты расчетов заносим в таблицу 2

Таблица 2 – Результаты расчетов внешней скоростной характеристики

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

Продолжение таблицы 2

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

По рассчитанным значениям строим внешнюю скоростную характеристику (рисунок 7).

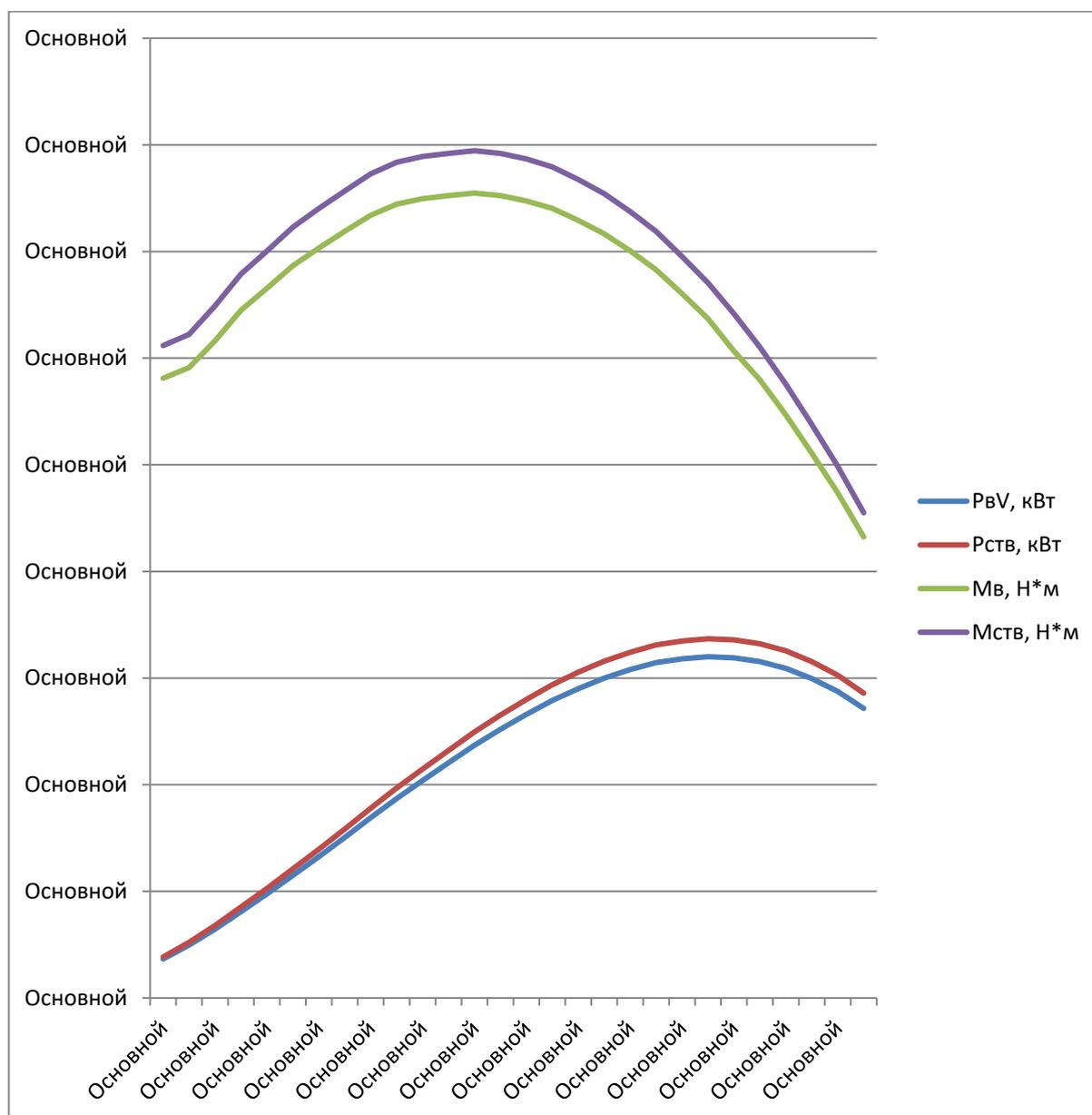


Рисунок 7 – Внешняя скоростная характеристика двигателя

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

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

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

$F_f$  – сила сопротивления качению;

$F_i$  – сила сопротивления подъема;

$F_B$  – сила сопротивления воздуха;

$F_j$  – сила сопротивления разгону.

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

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

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

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

$$F_{ki} = \frac{M_B \cdot U_o \cdot U_i \cdot \eta_{mp}}{r_k} \quad (35)$$

$$F_{ki} = \frac{116.24 \cdot 3.9 \cdot 2.75 \cdot 0.95}{0.3065} = 6.46$$

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

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

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

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

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

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

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

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

«где  $f_o$  – коэффициент сопротивления качению при движении автомобиля с малой скоростью (при расчетах используем значение  $f_o = 0,012$ ).» [4], [9]

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

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

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

Результаты расчетов заносим в таблицу 3. Полученные значения наносим на тяговую характеристику.

Таблица 3 - Результаты расчетов окружной силы  $F_k$

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

Продолжение таблицы 3

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

Таблица 4 – Результаты расчетов сил сопротивления дороги (качения)  $F_f$  и воздуха  $F_B$

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

Продолжение таблицы 4

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

По рассчитанным значениям таблицы 4 строим тяговую характеристику автомобиля (рисунок 8).

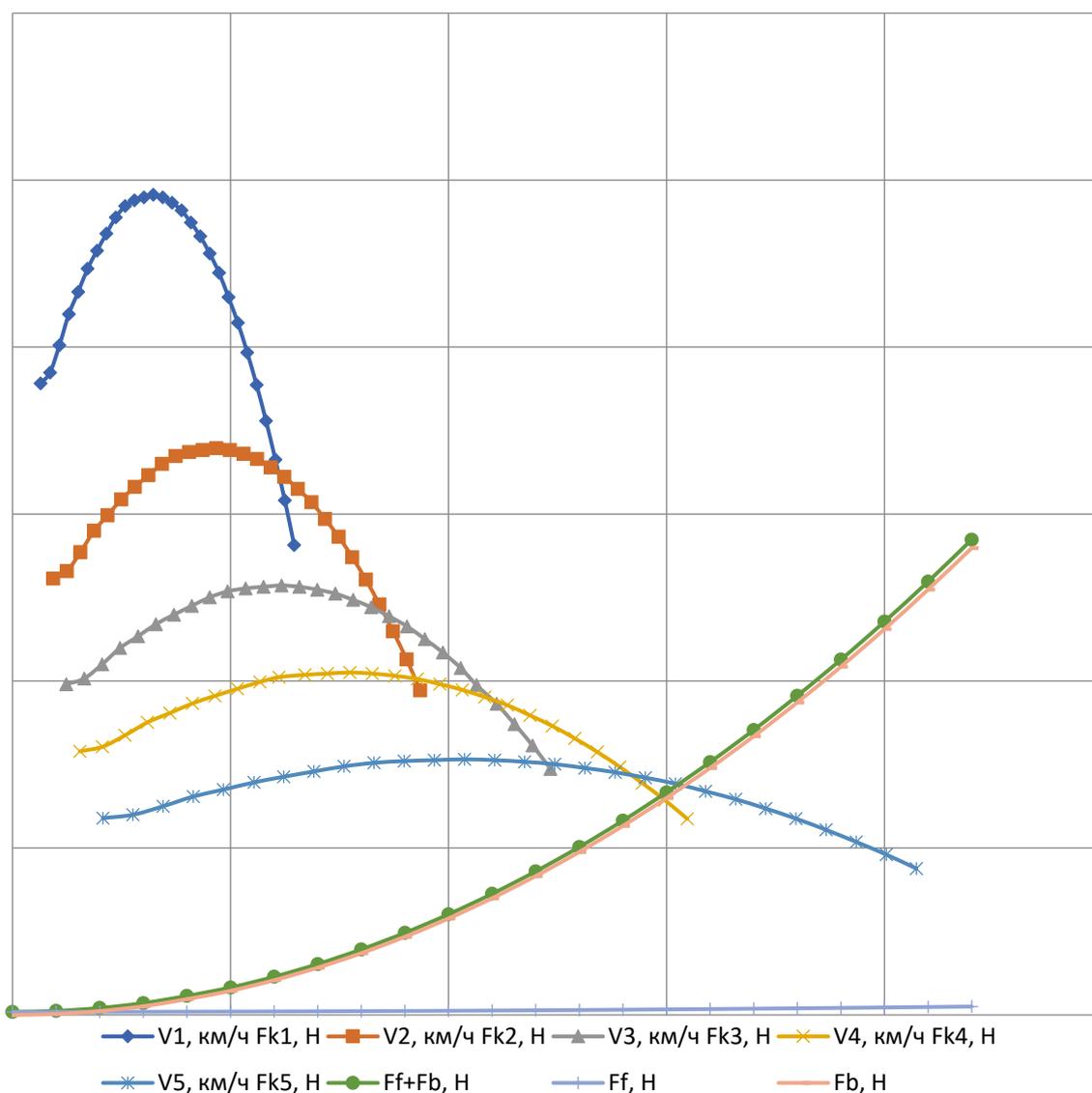


Рисунок 8 - Тяговая характеристика автомобиля

Результатом выполнения раздела явился расчет тягово-динамических и экономических характеристик транспортного средства.

Нагрузка на автомобиль является важным фактором, влияющим на его тяговую способность. При расчете необходимо учитывать массу автомобиля, грузоподъемность, а также вес и расположение груза. Расчет массы автомобиля основывался на методических указаниях и указаниях, почерпнутых из специализированной литературы, также подтвержденной практическим опытом.

Мощность двигателя, рассчитанной из массы и заданных скоростных режимов, должна быть достаточной для обеспечения необходимой тяговой способности при заданных условиях эксплуатации автомобиля. Передаточное число было выбрано таким образом, чтобы обеспечить оптимальное соотношение между скоростью автомобиля и его тяговой способностью. При этом необходимо учитывать, что слишком высокое передаточное число может привести к перегреву двигателя, а слишком низкое – к излишнему расходу топлива. Рассчитанное передаточное число обеспечивает движение автомобиля на скоростях, обозначенных в исходных данных. Расчет динамических характеристики, приведенных в Приложении А также свидетельствует о правильности произведенных расчетов.

Расход топлива также был рассчитан для подтверждения параметров транспортного средства при выполнении тягового расчета автомобиля. Он зависит от мощности двигателя, передаточного числа, нагрузки на автомобиль и других факторов. Графики расхода топлива, в зависимости от режима работы двигателя, приведен в Приложении А и на листах графической части.

Таким образом, тяговый расчет автомобиля является важным этапом проектирования и эксплуатации транспортных средств. Он позволяет определить оптимальные параметры для обеспечения высокой тяговой способности и экономической эффективности автомобиля.

### **3 Разработка испытательного стенда бокового увода колёс легкового автомобиля**

#### **3.1 Техническое задание на разработку испытательного стенда бокового увода колёс легкового автомобиля**

Целью разработки испытательного стенда бокового увода колёс легкового автомобиля является создание конструкции современного испытательного стенда, который можно будет использовать в испытательных лабораториях для проведения испытаний автомобилей с целью определения оптимальных величин углов установки управляемых колес, обеспечивающих высокие показатели устойчивости и управляемости транспортного средства.

Достижение целей проектирование потребует выполнения ряда взаимосвязанных задач, а именно:

- выбор конструкции стенда, исходя из имеющихся аналогов;
- разработка наиболее ответственных узлов стенда, с учетом современных тенденций и средств контроля, используемых в испытательных стендах;
- проведение прочностных и мощностных расчетов для наиболее ответственных узлов и агрегатов;
- выполнение чертежей конструкции на уровне технического проекта.

Режимы испытания для стенда бокового увода могут включать следующие:

Испытание на сухом покрытии. Автомобиль размещается на стенде, и испытание проводится на искусственной поверхности, моделирующей сухое покрытие дороги. Во время испытания измеряется и анализируется боковой увод автомобиля при различных углах установки колес и скоростях движения.

Испытание на мокром покрытии. Аналогично предыдущему режиму, испытание проводится на поверхности, моделирующей мокрое покрытие

дороги. В этом режиме проверяется поведение автомобиля при сниженной сцепляемости шин с дорогой, что может привести к увеличению бокового увода.

Испытание на повороте. В этом режиме стенд позволяет создавать специальные условия для проведения испытаний на повороте. Автомобиль проезжает через поворот, и измеряются силы бокового увода, а также углы установки колес, которые оказывают влияние на поворачиваемость и стабильность автомобиля.

Испытание на неровной дороге. В этом режиме стенд создает условия для испытания автомобиля на неровной дороге. Это позволяет оценить поведение автомобиля при пересечении неровностей, включая боковой увод, вибрации и потерю сцепления шин с дорогой.

Испытание при изменении углов установки колес. В этом режиме стенд позволяет изменять углы установки колес автомобиля и измерять боковой увод при каждой настройке. Это позволяет определить оптимальные значения углов установки колес, которые минимизируют боковой увод и улучшают управляемость автомобиля.

Все режимы испытания могут быть проведены в различных комбинациях и с разными параметрами, чтобы получить полную картину влияния углов установки колес и других факторов на боковой увод автомобиля. Результаты испытаний позволят определить оптимальные настройки и рекомендации по улучшению поворачиваемости и управляемости автомобиля.

Измерение и передача информации должна производиться посредством цифровых датчиков. Требуется обеспечить передачу информации от датчиков стенда на компьютер для формирования отчета через универсальную шину обмена данными и протокол Bluetooth.

Стенд должен обеспечивать безопасную работу на всех режимах. При превышении нагрузки или при превышении величины тока, стенд должен обеспечить отключение от сети всех систем стенда.

Требования к электрическим соединениям, проводам и разъемам для подключения генератора и стартера к стенду должны соответствовать требованиям, оговоренным в ГОСТ 10434-82.

Требования к приборам измерения и контроля, включая типы и точность измерительных устройств должны соответствовать требованиям, оговоренным в ГОСТ 14014-91.

Измерение и передача информации должна производиться посредством цифровых датчиков. Требуется обеспечить передачу информации от датчиков стенда на компьютер для формирования отчета через универсальную шину обмена данными и протокол Bluetooth.

Стенд должен обеспечивать безопасную работу на всех режимах. При превышении нагрузки или при превышении величины тока, стенд должен обеспечить отключение от сети всех систем стенда.

Программное обеспечение для стенда должно базироваться на программных продуктах, построенных на основе открытого кода и не подлежащим обременению в виде объекта права. Программный продукт должен быть совместим с операционной оболочкой Linux.

Техническое задание согласуется с дипломным руководителем на кафедре ПЭА. Техническое задание должно соответствовать требованиям задания на дипломное проектирование.

Структура работы должна включать в себя:

- техническое задание на изделие;
- техническое предложение на разработку;
- расчет силовых и прочностных характеристик;
- чертежи общего вида изделия;
- чертежи узлов на уровне технического проекта.

Сроки выполнения работы совпадают со сроками выполнения и защиты дипломного проекта, оговоренные в задании на дипломное проектирование.

Результатом выполнения проекта должно явиться проектирование испытательного стенда бокового увода колёс легкового автомобиля, выполненный на уровне технического проекта.

Разработанный стенд по своим характеристикам должен соответствовать передовым образцам испытательных стендов аналогичного назначения.

Применение стенда в автомобильной промышленности позволит производить испытания транспортных средств на соответствие параметров, а также производить испытания при разработке новых видов и типов легковых автомобилей.

### **3.2 Техническое предложение на разработку испытательного стенда бокового увода колёс легкового автомобиля**

Получено техническое задание на разработку стенда для диагностирования углов установки управляемых колес транспортных средств. Разработка проводится с целью снижения времени на контроль комплекса параметров технического состояния углов установки, а также с целью доводки до современного уровня развития техники и обеспечения необходимого уровня точности.

Разработка проводится на основании описания изобретения № 913115, класс G 01 M 17/06.

Все производимые посредством проектируемого стенда работы на участках диагностики производятся с применением целого комплекса устройств. Внедрение на участок диагностики подобного стенда позволит существенно сократить капитальные вложения в оборудование и сократить площадь участка.

Цель изобретения — повышение точности определения углов установки управляемых колес транспортных средств путем уменьшения вредного влияния сил трения в опорах на результаты измерения.

Эта цель достигается тем, что предлагаемый стенд снабжен двумя валами, опорами качения и приводным двигателем, при этом упомянутые площадки установлены посредством упомянутых опор на валах, а опоры качения — на основании, кроме того, валы установлены на опорах качения и кинематически соединены с приводным двигателем.

На рисунке 9 изображен стенд, вид сверху; на рисунке 10 — вид А на рисунке 9; на рисунке 11 — разрез Б-Б на рисунке 10.

Стенд состоит из подвижных в поперечном направлении площадок 1 и 2, на которых жестко закреплены шариковые опоры 3 и 10. На основании 11 закреплены опоры качения 12 и 17, в шариковых опорах 3 и 10 и опорах качения 12 и 17 установлены валы 18 и 19, вдоль которых площадки 1 и 2 имеют возможность перемещаться. Сами валы 18 и 19 зафиксированы от осевых перемещений. На валу 18 установлен шкив 20, связанный клиновым роликом 21 со шкивом 22, жестко установленным на вал 23. На этом валу 23 жестко установлен также шкив 24, связанный клиновым ремнем 25 со шкивом 26, жестко установленным на валу 19. Вал 23 соединен с приводным двигателем 27. Возврат площадок 1 и 2 в исходное состояние осуществляется пружиной 28. Площадки 1 и 2 соединены между собой рычажным синхронизирующим механизмом 29, на валу 30 которого установлен датчик 31.

При определении углов установки управляемые колеса транспортного средства прокатываются по площадкам 1 и 2 и одновременно включают приводной двигатель 27. Валы 18 и 19 начинают вращаться в шариковых опорах 3 и 10, устраняя трение покоя в этих опорах относительно валов 18 и 19. При движении управляемых колес транспортного средства по площадкам 1 и 2 последние перемещаются в поперечном направлении. Датчик 31 указывает величину перемещения площадки.

Благодаря тому, что в процессе перемещения площадок 1 и 2 валы 18 и 19 вращаются в шариковых опорах 3 и 10, значительно уменьшается сила трения, препятствующая перемещению площадок. Это повышает точность

определения углов установки и позволяет достичь посредством регулировок оптимальные углы установки, обеспечивающие минимальные боковые силы в контакте колеса с грунтом и повышение срока службы стенда.

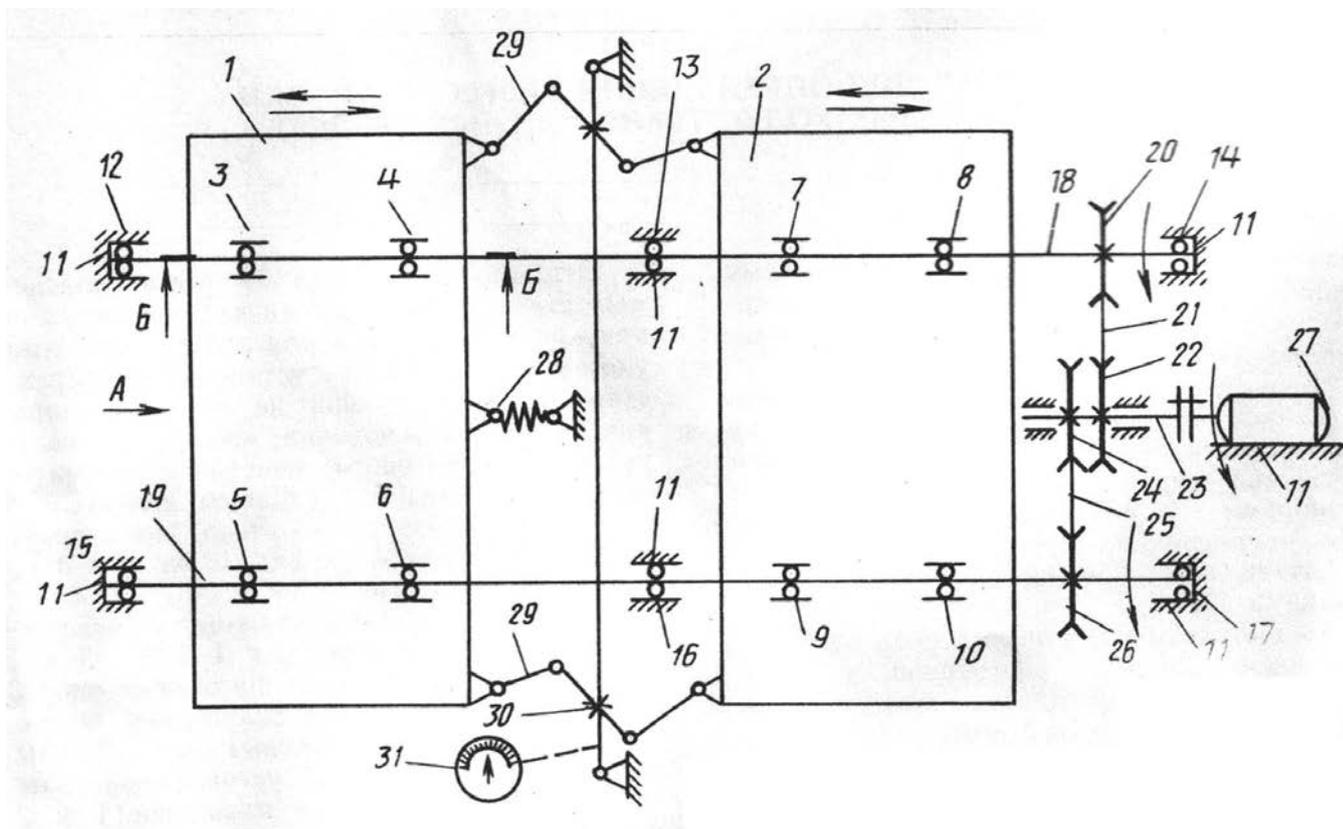


Рисунок 9 – Стенд вид сверху.

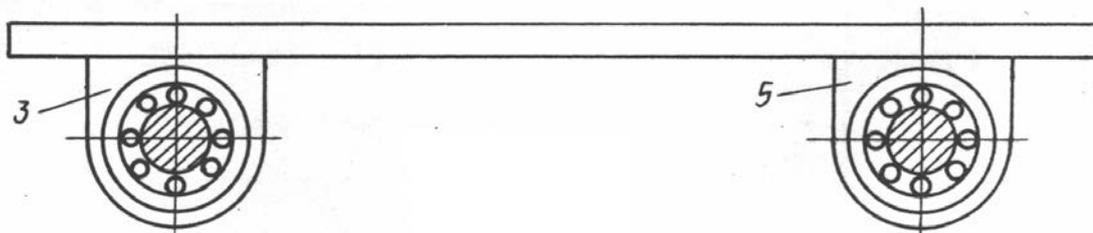


Рисунок 10 – Вид А на рисунке 9

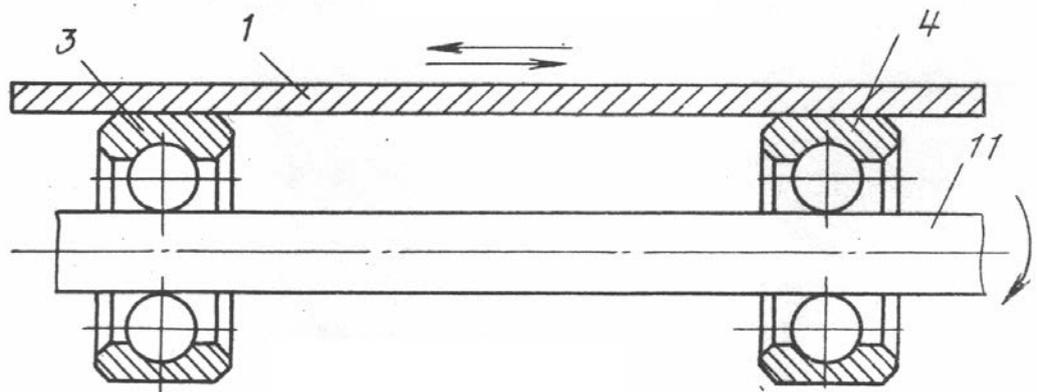


Рисунок 11 - Разрез Б-Б на рисунке 9

Действующих аналогов не обнаружено, так как современное диагностическое оборудование для определения углов установки колес основано на использовании оптики, а не механики.

Также, в соответствии с современным уровнем развития техники и технологии, в принятую конструкцию вносятся следующие изменения.

- Платформы выполняются с возможностью независимого перемещения, что позволит производить контроль углов установки отдельно для правого и левого колеса.
- Продольная тяга ввиду причин изложенных в п.1 заменяется на шарнирные опоры.
- Предполагается отказ от механизма снижения трения опорах, ввиду значительной сложности данного узла и сравнительно малого эффекта, получаемого в сфере эксплуатации от его внедрения.
- В качестве измерительного датчика предполагается применение тензорезисторного силоизмерительного устройства. Сигналы от тензорезисторных датчиков поступают в аналого-цифровой преобразователь (АЦП), а затем в микропроцессорный контроллер и ПЭВМ, где они автоматически обрабатываются по специальной

программе. Результаты измерений и вычисленные значения представляются в виде графических и цифровых результатов на мониторе ПЭВМ и распечатываются в виде протокола измерений печатающим устройством.

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

Рама стенда выполняется из пространственно сваренных профилей, что визуально создает ощущение надежности и устойчивости всей конструкции в целом. Изделие в полной мере отражает свое функциональное предназначение, т.е. контроль УУУК транспортного средства и имеет все характерные признаки для своего класса. Стенд имеет четко выраженный рабочий орган (измерительные площадки, пульт), который подчеркивают тип выполняемых при помощи данного изделия видов работ.

Немаловажное значение при проработке эстетических требований стоит уделить окраске изделия, которая должна быть достаточно заметной, чтобы привлекать внимание, как и всякий мобильный объект, особенно в производственных условиях, но в то же время не выступать дополнительным раздражающим фактором для рабочего. Рекомендуется окрасить измерительные площадки и выступающие части кронштейна эмалью в оранжевый цвет, дополнительно рекомендуется нанести черные полосы, что позволит элементу не теряться на пространстве. Наружные неподвижные плоскости стенда можно также окрасить эмалью, либо порошковой краской в светло-зеленый, либо синий цвет. На выступающие детали нанести черные полосы, что подчеркнет габариты конструкции и послужит дополнительным фактором привлечения внимания к мобильному объекту.

Немаловажное значение при проектировании какого-либо изделия имеют его эргономические показатели, то есть его степень приспособленности к усредненным человеческим параметрам. Именно эти параметры и являются

определяющими при дальнейшем внедрении изделия в производство. Установка предназначена для проведения диагностических работ, что сопряжено с повышенным шумом и вибрацией, поэтому пульт оператора следует вынести на расстояние 1,5-2 м, а саму рабочую зону отделить прозрачной перегородкой. Если установка будет располагаться не на открытой площадке, то помещение, в котором производятся испытания должно быть снабжено звукопоглощающими экранами, а сама установка помещена на фундамент. Усилие рабочего при нажатии на кнопку должно составлять не более 15 Н. Пульт следует заземлить. При работе установки, конструкция установки должна обеспечивать рабочему оптимальные углы обзора, для обеспечения безопасности проведения работ. Горизонтальные углы обзора (без учета поворота головы рабочего) должны составлять  $60^\circ$ , вертикальные -  $10^\circ$  вверх и  $30^\circ$  вниз, также должны соблюдаться углы поворота рук рабочего, аналогичные требования на положение туловища.

### **3.3 Прочностные и силовые расчеты стенда**

Для выбора и конструирования оборудования подобного рода, необходимо определить его основные параметры. Необходимо сначала определить сечение вала, на которые опирается площадка. Сечение вала определяется из условия, что проходящий по площадке автомобиль имеет нагрузку на колесо не более 1,5 т. Тогда, изгибной момент определяется из эпюры моментов вала от нагрузки площадки, на которую опирается колесо.

Расчетная схема представлена на рисунке 12.

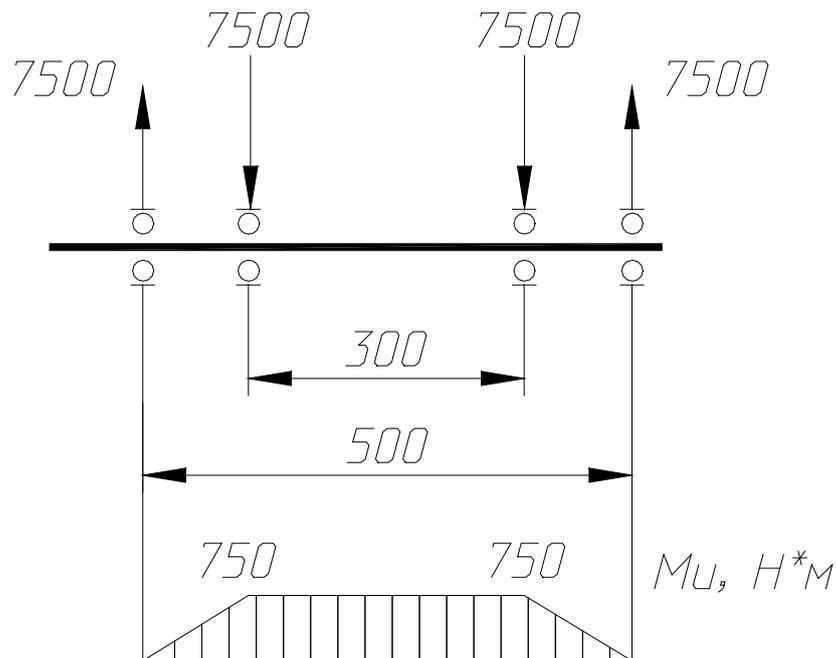


Рисунок 12 – Эпюра изгибных моментов вала стэнда

Минимальный диаметр вала рассчитывается из соотношения:

$$d = \sqrt[3]{10 * Mu / [\sigma]}, \text{ мм} \quad (39)$$

где  $M_{и} = 750 \text{ Н}\cdot\text{м}$ .

$[\sigma] = 112.5 \text{ МПа}$ , так как в сечении есть концентраторы напряжения и  $[\sigma]$  необходимо уменьшить на 25-30%,  $[\sigma] = 84.4 \text{ МПа}$ .

$$d = \sqrt[3]{10 * 750 / [84,4 * 10^6]}$$

$$d = 14.6 \text{ мм}$$

Принимаем диаметр вала  $d = 20 \text{ мм}$ .

Радиальная нагрузка на каждом из подшипников  $F_r$  определена из эпюры нагружения,  $F_r = 7500 \text{ Н}$ . Определим величину осевой нагрузки  $F_a$ .

$$F_a = \frac{N}{v} * \operatorname{tg} \beta, \quad (40)$$

где  $N$  – передаваемая мощность, Вт

$v$  – окружная скорость, м/с

$\beta$  - угол схождения колес, принимаем  $\beta = 3^\circ$

$$F_a = \frac{3000}{0,42} * 0,0524 = 374,3 \text{ Н}$$

Предварительно принимаем подшипник средней узкой серии 36308 по ГОСТ 831-75,  $C_o = 32,8$  кН. Отношению  $\frac{F_a}{C_o}$  соответствует значение  $e$ :

$$\frac{F_a}{C_o} = \frac{374}{32800} = 0,011, \text{ что соответствует } e = 0,18.$$

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{374,3}{7500} = 0,049 \leq e = 0,18$$

Эквивалентная нагрузка рассчитывается как:

$$P = V * F_r * K_B * K_T, \quad (41)$$

где  $V$  – коэффициент вращения кольца подшипника,  $V = 1$  (вращение внутреннего кольца)

$K_B$  – коэффициент нагрузки на подшипник,  $K_B = 1,4$  (умеренные толчки)

$K_T$  – температурный коэффициент,  $K_T = 1,05$

$$P = 1 * 7500 * 1,4 * 1,05 = 11025$$

Номинальная долговечность подшипника:

$$L = \left( \frac{53900}{11025} \right)^3 = 116.85 \text{ млн.об}$$

Номинальная долговечность в часах:

$$L_h = \frac{10^6}{60 * n} * L$$

$$L_h = \frac{10^6}{60 * 3000} * 116.85 = 6941.6 \text{ час}$$

$L_h = 7000$  – задаваемая долговечность подшипника, час

Таким образом, номинальная долговечность подшипника превышает задаваемую долговечность, следовательно выбор данного подшипника можно считать верным.

В ходе разработки испытательного стенда бокового увода колёс легкового автомобиля были получены следующие выводы:

Разработка испытательного стенда бокового увода колёс – важный шаг для создания инструмента, позволяющего измерять и анализировать параметры бокового увода автомобиля.

Испытательный стенд обеспечивает возможность моделирования различных условий, включая сухое и мокрое покрытие дороги, повороты и неровности. Это позволяет более точно изучать поведение автомобиля и его реакцию на различные факторы. Регулирующие устройства стенда позволяют изменять углы установки колес, включая угол схождения, угол развала и угол наклона оси поворота колес. Это позволяет провести испытания с различными настройками и определить оптимальные значения этих углов для предотвращения бокового увода.

Система сбора данных стенда должна быть точной и надежной, обеспечивая высокую точность измерений и возможность анализа полученных данных, построенной на датчиках цифрового типа. Это позволяет получить достоверные результаты и сделать соответствующие рекомендации для оптимизации углов установки колес и улучшения управляемости автомобиля.

На основе вышеуказанных выводов можно сделать заключение, что разработка испытательного стенда бокового увода колёс легкового автомобиля является важным шагом в области исследования и оптимизации углов установки колес и предотвращения бокового увода. Разработанный стенд позволит проводить испытания в различных условиях и получать надежные результаты, что способствует повышению управляемости и безопасности автомобилей.

## **4 Технологический процесс контроля величины бокового увода на специализированном стенде**

### **4.1 Параметры диагностирования параметров бокового увода**

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

В условиях современного АТП необходимо проведение комплексных диагностических работ по подвеске. Эти работы должны включать в себя:

- определение углов развала управляемых колес;
- определение углов схождения управляемых колес;
- определение величины люфтов в шарнирных соединениях;
- определение величины люфтов в подшипнике ступицы колеса.

На современном автотранспортном предприятии для проведения всех этих работ используется различное оборудование, приобретение которого требует значительных капитальных вложений.

### **4.2 Наиболее характерные неисправности, влияющие на боковой увод**

Основные неисправности передних мостов: деформация рычагов, износ шарнирных соединений, подшипников, ступиц колес, разработка отверстий в кулаках рычагов и гнезд под подшипники в ступицах колес и др. Эти неисправности вызывают изменение углов установки передних колес, что затрудняет управляемость, резко повышает износ шин, приводит к повышенному расходу топлива и т.д.

Техническое обслуживание подвески заключается в диагностике указанных неисправностей и проведении необходимых регулировочных и других работ по предупреждению и устранению обнаруженных дефектов.

При диагностике передних мостов определяют радиальный и осевой зазор в соединениях, зазор между кольцом подшипника и его гнездом в ступице, степень затяжки подшипника ступицы, а также углы установки управляемых колес (углы развала колес, поперечного и продольного наклона, схождение колес).

Радиальный и осевой зазор в соединениях проверяют перемещением рычага относительно передней оси. При необходимости величину зазора регулируют прокладками, сменой втулок и т.д.

Зазор между кольцом подшипника и его гнездом в ступице, а также степень затяжки подшипника ступицы определяют покачиванием колес в поперечной плоскости после устранения люфта в шарнирном соединении. Если колесо вращается туго и тормозные колодки не заедают, необходимо отрегулировать затяжку подшипников ступицы. Зазор регулируют, затягивая гайку подшипника ступицы до начала затрудненного вращения колеса в вывешенном состоянии, а затем отпускают до совмещения ее штифта с отверстием в замковой шайбе. При правильной регулировке колесо должно легко вращаться от усилия руки. Осевые перемещения не допускаются. Углы установки управляемых колес диагностируют и регулируют после устранения люфта в шарнирном соединении и подшипниках ступиц колес при нормальном давлении воздуха в шинах и креплении дисков колес. Схождение передних колес диагностируют с помощью стенда. При замере схождения автомобиль проезжает по площадкам стенда, при этом площадки перемещаются на величину, пропорциональную величине угла схождения.

При проверке схождения колес автомобиль должен быть не нагружен, а положение колес должно соответствовать движению по прямой.

### 4.3 Технологический процесс диагностирования величины бокового увода на стенде

На специализированном стенде, разработанном в конструкторской части дипломного проекта, предполагается проверка технического состояния углов установки управляемых колес. Замер производится при проезде автомобиля по площадкам, имеющим возможность свободного перемещения в поперечном направлении. По величине перемещения и по возникающей боковой силе судят о величине угла установки колес.

После формирования отчета об имеющихся неисправностях передней подвески производятся все необходимые регулировки на постах ТО. В случае возможности устранения неисправностей на участке Д-1, необходимые ремонтные операции совершаются на месте. После осуществления всех регулировок, автомобиль покидает стенд, таблица 5.

Таблица 5 – Технологическая карта на проведение процесса проверки величины бокового увода

Наименование операции, перехода	Место выполнения	Оборудование	Трудоемкость	Примечание
1 Подготовка автомобиля	Пост ожидания			
1.1 Проверить остаточную высоту рисунка протектора	То же	Измерительный щуп	1,0	Не менее 2,5 мм
1.2 Проверить давление в шинах	-	Манометр	0,5	Не менее 2,1 атм
1.3 Проверить загруженность автомобиля	-		0,5	Нагрузка должна соответствовать заводской инструкции
2 Подготовка стенда	Пост диагностики	Стенд		
2.1 Осмотреть стенд и площадки	То же		0,5	Наличие масла и влаги на площадках не допускается

Продолжение таблицы 5

Наименование операции, перехода	Место выполнения	Оборудование	Трудоемкость	Примечание
2.2 Включить пульт управления	-		0,3	-
2.3 Проверить работоспособность стенда	-	-	0,5	Только при каждом новом включении стенда
3 Диагностирования углов схождения	-	Стенд	-	-
3.2 Произвести проезд автомобиля по площадкам до съезда передними колесами	-	-	1,0	Руль должен находиться в положении соответствующем прямолинейному движению
3.3 Снять показания с приборов	-	-	1,0	-
3.4 В случае необходимости операции 3.2 – 3.3 повторить	-	-	-	-

Результатом технологического раздела явилось формирование технологической карты выполнения работ по контролю величины бокового увода. Работы производятся на специализированном стенде, разработанном в конструкторском разделе. Особенностью проведенных работ является то, что испытания производятся с использованием эталонных значений величин увода, что позволяет производить испытания в режимах, соответствующих эксплуатационным режимам транспортного средства, которые возможно измерить инструментальными методами, что в свою очередь повышает достоверности и качество производимых испытаний.

## **5 Охрана труда и безопасность жизнедеятельности на участке сборки объекта дипломного проектирования**

### **5.1 Характеристика участка сборки**

Согласно полученному заданию при выполнении дипломного проекта, выполнена разработка сложного технического устройства – гусеничного транспортного средства повышенной проходимости. Как любое техническое устройство, оно должно производиться на специализированном сборочном участке обученным персоналом при соблюдении норм и требований безопасности труда.

В рамках раздела нами исследуется сборочный участок, на котором осуществляется технологический процесс сборки транспортного средства. Сборочный участок является основным местом осуществления технологической операции сборки и относится к мелкосерийному производству. В первую очередь это означает, что данный участок, являясь частью опытно-промышленного производства, не ориентирован на специализированные работы, а занят в широком спектре выполняемых производственных функций. Оборудование, которое находится на участке – универсальное. Оборудование группируется по своему функционалу – сварочное, металлорежущее, шлифовальное и т.п.

Зоны выполнения работ, связанных с избыточным тепловыделением, выделением продуктов горения или ультрафиолетового излучения, таких как сварка на стапеле, зона термической обработки металла отделяются от основного помещения защитными экранами и оснащаются вытяжкой. Те же ограждения применяются для групп оборудования, чья работа связана с повышенным шумом, например абразивно-режущие станки.

Половое покрытие на всем участке выполнено из каучуковой плитки. Термические зоны имеют половое покрытие из наливного термостойкого полимера.

Освещение участка – естественное. Участок имеет ленточное остекление, которое выступает в качестве источника света. Искусственное освещение на участке выполнено светодиодными панелями нейтрального белого света. Дополнительное освещение на рабочих местах, которые требуют наличия света, выполнено светодиодными источниками точечного света.

Электрическое питание осуществляется промышленной сетью трехфазного тока. Заземление сети типа TN-C. Оборудование, требующее питания напряжением 380 (400) В запитывается от трехфазной сети. Подвод питания производится кабелем КГ, размещение кабеля в открытом лотке, подвод от лотка в гофро-рукаве. Каждое оборудование запитывается от электрошита собственной линией, защищенной автоматическим выключателем, номинала соответствующего мощности оборудования. Оборудование, требующее напряжения 220 (240) В запитывается от фаз вводной сети, распределение производится по трем фазам согласно мощности однофазного оборудования. Освещение участка также осуществляется однофазной сетью 220 (240) В.

Вентиляция на участке осуществляется естественным приточно-вытяжным способом. Циркуляция воздуха производится через вентиляционные короба, выполненные из оцинкованного стального листа. Подвод воздуха осуществляется через вентиляционные дефлекторы. Принудительная вытяжка на участках с избыточным выделением тепла и продуктов горения производится также посредством вентиляционных коробов, в качестве вентиляторов применяются роторные вентиляторы с диаметром воздуховода 250 мм.

Для выполнения задания, в рамках раздела по безопасности объекта дипломного проекта, требуется разработать рекомендации по обеспечению безопасности на сборочном участке. Для этого необходимо выявить опасные и вредные производственные факторы, присутствующие на участке. Выявление комплекса опасных и вредных производственных факторов позволит разработать рекомендации по их нейтрализации.

## 5.2 Профессиональные риски, характерные для участка

Весь комплекс профессиональных рисков имеет строгую классификацию, принятую в справочной литературе и стандартах. Приведем ряд цитат из стандарта ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация», которые относятся непосредственно к рассматриваемому сборочному участку.

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

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

- факторы, приводящие к острым заболеваниям (отравлениям, поражениям) или травмам за счет кратковременного относительно высокоинтенсивного воздействия» [12]

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

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

- факторы, приводящие к несмертельным травмам.

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

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

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

- факторы, порождаемые социально-экономическими и организационно-управленческими условиями осуществления трудовой

деятельности (плохая организация работ, низкая культура безопасности и т.п.);

– факторы, порождаемые психическими и физиологическими свойствами и особенностями человеческого организма и личности работающего (плохое самочувствие работника, нахождение работника в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения или абсистенции, потеря концентрации внимания работниками и т.п.)» [23]

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

- на постоянные, в том числе квазипостоянные;
- переменные, в том числе периодические;
- импульсные, в том числе регулярные и случайные.» [23]

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

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

Опасные и вредные производственные факторы по непосредственности своего воздействия подразделяют:

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

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

- на природные (включая климатические и погодные условия на рабочем месте);
- технико-технологические;

- эргономические (то есть связанные с физиологией организма человека).

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

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

[12]

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

- опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения, в том числе в поле тяжести:

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

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

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

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

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

– отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения;

– отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения;

– повышенная яркость света;

– пониженная световая и цветовая контрастность;

– прямая и отраженная блескость;

– повышенная пульсация светового потока» [12]

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

– на физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса;

– нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса.

Физические перегрузки подразделяют:

– на статические, связанные с рабочей позой;

– динамические нагрузки, связанные с массой поднимаемого и перемещаемого вручную груза;

– динамические нагрузки, связанные с повторением стереотипных рабочих движений.

Физические перегрузки организма работающего, связанные с тяжестью трудового процесса, в целях оценки условий труда, разработки и принятия мероприятий по их улучшению характеризуются такими показателями, как:» [12]

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

«Нервно-психические перегрузки подразделяют:

- монотонность труда, вызывающая монотонию;
- эмоциональные перегрузки.» [23]

Характерные для рассматриваемого сборочного участка профессиональные риски являются общими для большинства промышленных предприятий отрасли автомобилестроения. Следовательно, нейтрализация этих факторов возможна при условии применения СИЗ, применяемых на предприятиях промышленного производства. Рекомендации по применению СИЗ в соответствии с фактором опасности приведены в таблице 1.

### **5.3 Разработка мероприятий по снижению воздействия профессиональных рисков на работающих**

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

- модификацию конструкции, позволяющую ликвидировать опасность, например, использование механических подъемных устройств для исключения профессионального риска, связанного с ручными подъемными операциями;

– замену опасного материала на менее опасный или уменьшение энергии системы (например, снижение усилий, силы тока, давления, температуры и т.п.);

– средства коллективной защиты: сигнализации, предупредительные надписи и знаки безопасности, маркировка пешеходных дорожек и т.д.;

– административные меры управления: процедуры обеспечения безопасности, проверки оборудования, контроль доступа, системы обеспечения безопасности работы, инструктажи по охране труда и т.д.;

– обеспечение работника дополнительными средствами индивидуальной защиты: очки защитные, средства защиты органов слуха, щитки защитные лицевые, респираторы, перчатки и т.д.» [23]

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

- обмен информацией и консультирование в отношении рисков для безопасных условий труда и здоровья между различными уровнями, а также с работниками сторонних организаций;

- документирование соответствующих обращений внешних заинтересованных сторон, а также ответа на них.» [12]

Методы и средства снижения профессиональных рисков, типичных для моторного участка, сводятся в таблицу 7.

Таблица 6 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
Факторы, приводящие к заболеваниям	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Использование спецодежды Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания
Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
«Факторы, порождаемые физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды;» [12]	Применение средств коллективной защиты (нанесение предупреждающих надписей, информационных табличек, меток и т.д.) Модификация конструкции с целью снижения рисков	Применение низковольтных ламп в сетях освещения Использование спецодежды
«Факторы, порождаемые химическими и физико-химическими свойствами используемых или находящихся в рабочей зоне веществ и материалов;» [12]	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Использование спецодежды Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания
«Факторы, порождаемые социально-экономическими и организационно-управленческими условиями осуществления трудовой деятельности» [12]	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда	Не предусмотрено
«Факторы, порождаемые психическими и физиологическими свойствами и особенностями человеческого организма и личности работающего» [12]	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда Обеспечение смены рода деятельности в течении дня	Не предусмотрено

Продолжение таблицы 6

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
«Опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения» [12]	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Защитные и вибропоглощающие перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники.
«Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования)» [12]	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды Административные меры обеспечения безопасности труда	Защитные перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники. Проведение инструктажа по правилам ТБ на производстве
Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
«Опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей» [12]	«Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды Административные меры обеспечения безопасности труда» [12]	Защитные и вибропоглощающие перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники.
Отсутствие или недостаток необходимого освещения	«Обеспечение индивидуальных средств освещения рабочего места Разработка и прокладка осветительных сетей» [12]	Индивидуальные переносные фонари и осветительные лампы
«Физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса;» [12]	«Административные меры обеспечения безопасности труда Механизация работ Внедрение в рабочий процесс машин и механизмов, заменяющих ручной труд» [12]	Проведение инструктажа по правилам ТБ на производстве

Продолжение таблицы 6

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
«Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса» [12]	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда Обеспечение смены рода деятельности в течении дня	Не предусмотрено

«Основным организационно-техническим мероприятием по снижению воздействия профессиональных рисков будет являться применение средств индивидуальной защиты (СИЗ). Несмотря на то, что СИЗ способны в значительной степени компенсировать воздействие профессиональных рисков, наибольший эффект в сфере охраны труда может быть достигнут при комбинировании применения СИЗ и мероприятий административного характера, направленных на стимулирование работающих к более внимательному отношению к тем профессиональным рискам, которые присутствуют на участке.» [23]

#### **5.4 Пожарная безопасность и противопожарные мероприятия на участке**

Одной из основных технологических операций на сборочном участке будет являться сварка, которая может производиться как посредством электродуговой сварки, так и при помощи газовой сварки. Для данного вида технологической операции характерна высокая температура и образование искр, капель расплавленного металла и продуктов горения. В совокупности все это создает источник повышенной пожарной опасности, поскольку также

на участке неизбежно присутствуют горючие и легковоспламеняющиеся вещества. Все это в совокупности делает пожарную опасность наиболее значимым фактором в обеспечении безопасности труда на участке. Для нейтрализации фактора пожарной опасности требуется разработка комплекса мероприятий по обеспечению мер пожарной безопасности на сборочном участке.

В таблице 7 приводятся факторы пожарной опасности и выполнена их классификация в соответствии с Федеральным законом от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 14.07.2022) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности". Приведены факторы, наиболее характерные для сборочного участка рассматриваемого предприятия.

Таблица 7 – Классификация факторов пожарной опасности объекта дипломного проектирования (сборочного участка)

Класс пожара	Источник пожарной опасности	Опасные факторы пожара	Способ тушения
«А – горение твердых веществ А1 – горение твердых материалов, сопровождаемое тлением А2 – горение твердых материалов, не сопровождаемое тлением» [12]	«горючие твердые вещества, ветошь и обтирочный материал искры от режущего абразивного инструмента, открытое пламя газовых горелок, электрическая дуга, искры» [12]	«Задымление помещения, высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения» [12]	«Все виды огнетушащих веществ: вода, пена, порошки, хладоны» [12]
«В – горение жидких веществ В2 – горение неполярных горючих и легковоспламеняющихся жидкостей и плавящихся при нагреве веществ» [12]	«топливо, мазут, консистентные смазки и технические жидкости» [12]	«Задымление помещения, высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения, объемное горение, взрыв» [12]	«пена; тонкораспыленная вода; хладоны; огнетушащие порошки общего назначения; аэрозольное пожаротушение и инертные разбавители: N <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , и т.п.» [12]

Продолжение таблицы 7

Класс пожара	Источник пожарной опасности	Опасные факторы пожара	Способ тушения
«С - горение газообразных горючих веществ» [12]	сварочные газы, метан	«Высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения, объёмное горение, взрыв» [12]	«объёмное тушение и флегматизация газовыми составами; огнетушащие порошки общего назначения; пены, вода (для охлаждения оборудования)» [12]

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

- разработка комплекса норм и правил по обращению с горючими веществами и правил поведения персонала при проведении огневых работ и работ, связанных с горючими материалами;
- проведение регулярного инструктажа работников, с целью доведения информации о правилах проведения работ, связанных с горючими материалами и соблюдения норм пожарной безопасности;
- организация внутрипроизводственной пожарной охраны, осуществляющей функции надзора за соблюдением норм и правил по обращению с горючими веществами, а также норм и правил соблюдения противопожарной безопасности;
- организация хранения горючих и пожароопасных материалов в соответствии с их физико-химическими и противопожарными свойствами;
- оснащение участка средствами наблюдения и сигнализации за пожарной ситуацией, проведение инструктажа персонала о поведении в

случае срабатывания пожарной сигнализации;

– оснащение участков средствами первичного пожаротушения в соответствии с классом возможного пожара.» [23]

Разработанные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности должны дополняться средствами пожарного оповещения и средствами первичного пожаротушения. Для каждой из рабочих зон участка необходимо проектирование системы оповещения персонала, а также разработка плана эвакуации в случае возникновения чрезвычайной ситуации и плана размещения информационных табличек и извещателей.

### **5.5 Мероприятия по обеспечению экологической безопасности участка**

Рассматриваемый в рамках дипломного проектирования сборочный участок не является субъектом промышленного производства, чья деятельность представляет опасность для окружающей среды. Но отходы, которые образуются в процессе сборки транспортного средства, могут представлять определенную угрозу для окружающей среды и людей, при условиях неправильной их утилизации или при неправильной организации складирования отходов производства. Для сборочного производства в целом характерным является определенный набор факторов общего характера, представляющих угрозу безопасности окружающей среды:

– обрезки резинового листового материала, а также листовых материалов, имеющих длительный срок разложения;

– смывы с рук рабочих, содержащие остатки ГСМ и остатки растворителей;

– пыль металлическая и абразивная, которая образуется при пилении и разделке материалов;

– обтирочный материал, применяемый для удаления загрязнений.

«В качестве мероприятий, обеспечивающих требования экологической

безопасности, принимаются следующие:

- утилизация отходов в соответствии с классами опасности;
- очистка сточных вод перед сливом их в канализационный коллектор от остатков ГСМ и растворителей;
- соблюдение требований, предъявляемых к размещению, строительству и эксплуатации потенциально опасных объектов, а также к осуществлению потенциально опасной деятельности» [23]

В процессе анализа опасных и вредных производственных факторов были выявлены наиболее характерные для рассматриваемого в рамках дипломного проекта участка сборки. Выявленные факторы позволили сформировать комплекс мероприятий организационного характера, направленных на их нейтрализацию или снижения уровня воздействия на рабочих. Также для снижения уровня воздействия ряда опасных и вредных производственных факторов были подобраны средства индивидуальной защиты рабочих. Определены факторы пожарной опасности на участке, в соответствии с Федеральным законом от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 14.07.2022) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности". Приведены факторы, наиболее характерные для сборочного участка рассматриваемого предприятия. Разработаны мероприятия по снижению уровня пожарной опасности организационного и технического характера. Произведено выявление факторов воздействия сборочного участка на окружающую среду. Предложены мероприятия организационного характера, направленные на снижение воздействия деятельности предприятия, среди которых такие, как внедрение отдельного сбора отходов, применение систем очистки сточных вод, учет внешних факторов при организации и планировании участка. На основании проведенного анализа факторов и комплекса предложенных мероприятий можно сделать вывод о выполнении задания в рамках раздела по безопасности жизнедеятельности и охраны труда на участке.

## **6 Расчет показателей экономической эффективности дипломного проекта**

### **6.1 Характеристика объекта анализа экономической эффективности**

В экономическом разделе дипломного проекта производится анализ деятельности сборочного участка и рассчитывается стоимость нормо-часа работы данного участка. Выбор обусловлен тем, что расчёт самой конструкции транспортного средства в рамках производимой разработки является объёмным и сложным, по своим параметрам, значительно выходящим за границы, обозначенные в рамках дипломного проектирования. Вместе с тем, расчет себестоимости нормо-часа сборочного участка позволит оценить стоимость произведенного изделия, поскольку сборочные работы составляют наиболее значительную часть полной себестоимости изделия.

Сборочное производство предназначено для проведения работ по окончательной сборке изделия с последующей передачей их на товарный склад готовой продукции. Сборочный цех расположен в отдельном помещении, оснащенным необходимым оборудованием для проведения сборочно-монтажных работ, включая подъёмно-транспортное оборудование. Поскольку сборка изделия, разрабатываемого в рамках дипломного проекта, относится к изделиям опытно-промышленного назначения, участок предполагает проведение сборки единичного или мелкосерийного производства продукции. В первую очередь это означает, что данный участок, являясь частью опытно-промышленного производства, не ориентирован на специализированные работы, а занят в широком спектре выполняемых производственных функций. Оборудование, которое находится на участке – универсальное. Оборудование группируется по своему функционалу – сварочное, металлорежущее, шлифовальное и т.п.

Освещение участка – естественное. Участок имеет ленточное остекление, которое выступает в качестве источника света. Искусственное освещение на участке выполнено светодиодными панелями нейтрального белого света. Дополнительное освещение на рабочих местах, которые требуют наличия света, выполнено светодиодными источниками точечного света.

Электрическое питание осуществляется промышленной сетью трехфазного тока. Заземление сети типа TS-C. Оборудование, требующее питания напряжением 380 (400) В запитывается от трехфазной сети. Подвод питания производится кабелем КГ, размещение кабеля в открытом лотке, подвод от лотка в гофро-рукаве. Каждое оборудование запитывается от электрошита собственной линией, защищенной автоматическим выключателем, номинала соответствующего мощности оборудования. Оборудование, требующее напряжения 220 (240) В запитывается от фаз вводной сети, распределение производится по трем фазам согласно мощности однофазного оборудования. Освещение участка также осуществляется однофазной сетью 220 (240) В.

На участке работает персонал, имеющий квалификацию слесаря-сборщика. Поскольку на участке сборка производится по циклу единичного и мелкосерийного производства, требуется наличие слесарей высокой квалификации, способных выполнять работы различного спектра. В соответствии с этими требованиями, квалификация слесарей – V или VI разряда.

Исходя из приведенных исходных данных, необходимо выполнить расчет себестоимости нормо-часа работы сборочного цеха.

## **6.2 Расчет себестоимости нормо-часа работ сборочного участка**

Расчет себестоимости нормо-часа работ производится исходя из размещенного на участке оборудования. Амортизационные отчисления на оборудование, размещенное на участке сборки являются неотъемлемой

частью расчета себестоимости нормо-часа работы участка. Перечень оборудования участка приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Расчет амортизационных отчислений на оборудование участка

Наименование оборудования	Марка	Стоимость, руб	Кол-во	Норма отчислений %	Отчисления, руб
Подъемник двухстоечный электромеханический	ЭМП-2500	350 000,00	3	14,30	150 150,00
Транспортировочная тележка	Реммаш	25 500,00	1	11,00	2 805,00
Стапель сборочный	самоизг.	600 000,00	2	6,30	75 600,00
Кран-балка	ЭК-1000	50 000,00	1	14,30	7 150,00
Стол сварочный	ЭЛПром	112 000,00	1	3,20	3 584,00
Аппарат сварочный TIG	Сварог-2100	210 000,00	1	16,00	33 600,00
Станок вертикально-сверлильный	К-310	42 000,00	1	14,30	6 006,00
Станок токарный	16К20	1 400 000,00	1	8,20	114 800,00
Станок фрезерный	Jet JMD-26X2	1 900 000,00	1	8,20	155 800,00
Кран-тележка передвижной	КС-1500	60 000,00	1	14,30	8 580,00
Стеллаж	б/н	12 000,00	6	3,20	2 304,00
Верстак слесарный	б/н	25 000,00	6	3,20	4 800,00
Тумба инструментальная	ТМ-600	32 000,00	6	5,50	10 560,00
Контейнер	б/н	6 500,00	1	5,00	325,00
<b>ИТОГО</b>					<b>576 064,00</b>

В таблице 1 рассчитанная общая стоимость амортизационных отчислений на оборудование установленное на сборочном участке. Также сам участок нуждается в амортизации, поскольку площадь участка подвержена износу, само помещение нуждается в ремонте и обслуживании. Амортизация площади сборочного участка рассчитывается по формуле 82.

$$A_{пл} = \frac{S_{пл} * Ц_{пл} * N_a}{100}, \quad (82)$$

где  $S_{пл}$  – площадь сборочного участка,  $S_{пл} = 320 \text{ м}^2$ ;

$Ц_{пл}$  – кадастровая цена одного квадратного метра площади помещения,  $Ц_{пл} = 5500 \text{ руб}$ ;

$N_a$  – норма амортизации площадей помещения,  $N_a = 2,5\%$ .

$$A_{пл} = \frac{171 * 4000 * 2,5}{100} = 17100 \text{ руб}$$

Расчет затрат на электрическую энергию на участке также является частью расчета себестоимости нормо-часа. В расчет затрат на электроэнергию включается расчет стоимости электроэнергии, потребляемой оборудованием и электроэнергией, расходуемой на освещение и работу климатического оборудования. Расчет стоимости затрат на электроэнергию производится по формуле 83. Расчет сведен в таблицу 9.

$$P_{э} = \frac{M_d \cdot T \cdot K_o \cdot K_m \cdot K_v \cdot K_p \cdot Ц_{эл}}{\eta \cdot 60}, \quad (83)$$

«где  $M_d$  – мощность электродвигателей оборудования, кВт;

$T$  – годовой фонд времени работы участка,  $T = 2030 \text{ ч}$ ;

$K_o$  – коэффициент одновременности работы двигателей оборудования, принимаем для участка  $K_o = 0,4$ ;

$K_m$  – коэффициент загрузки двигателей по мощности, принимаем  $K_m = 0,7$ ;

Кв – коэффициент загрузки двигателей по времени, принимаем Кв = 0,35;

Кп – коэффициент сетевых потерь, принимаем Кп = 1,05;

Цэ – цена 1 кВт-ч электроэнергии, Цэ = 4,56 руб;

η – КПД двигателей оборудования участка, η = 0,75.» [20]

Таблица 9 – Расчет затрат на электрическую энергию

Наименование оборудования	Мощность, кВт	Кол-во	Км	Кв	η	Сумма затрат, руб
Подъемник двухстоечный электромеханический	2,5	3	0,85	0,10	0,75	3 304,68
Кран-балка	0,35	1	0,75	0,10	0,75	136,07
Аппарат сварочный TIG	5,5	1	0,80	0,35	0,85	7 043,88
Станок вертикально-сверлильный	2,5	1	0,60	0,45	0,75	3 499,07
Станок токарный	12	1	0,60	0,70	0,70	27 992,56
Станок фрезерный	10,5	1	0,75	0,70	0,70	30 616,87
ИТОГО						72 593,13

Отдельно производится расчет стоимости электроэнергии на освещение участка. Расчет производится по формуле 84.

$$P_{св} = \frac{M_{св} \cdot n \cdot T \cdot Код \cdot Кв \cdot Кп \cdot Цэ}{\eta}, \quad (84)$$

где Мсв – мощность светильника, Мсв = 95 Вт;

n – количество светильников на участке, n = 60;

T – годовой фонд времени работы светильников, T = 2440 ч;

Код – коэффициент одновременной работы светильников, Код = 0,85;

Кв – коэффициент времени работы освещения, принимаем Кв = 0,75;

Кп – коэффициент сетевых потерь, принимаем Кп = 1,05;

Цэ – цена 1 кВт-ч электроэнергии, Цэ = 4,56 руб;

$\eta$  – КПД светильников,  $\eta = 0,75$ .

$$P_{св} = \frac{0,095 \cdot 60 \cdot 2440 \cdot 0,85 \cdot 0,75 \cdot 1,05 \cdot 4,56}{0,75} = 56602,78 \text{ руб}$$

Общие затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле 85.

$$P = P_{э} + P_{св} \quad (85)$$

$$P = 72593,13 + 56602,78 = 18846,29 \text{ руб}$$

Расчет заработной платы на сборочном участке зависит от нескольких факторов. Ключевым является количество произведенной продукции, которое определяет объем работы и, соответственно, количество отработанных часов. Для начала необходимо определить базовую ставку заработной платы. Обычно она определяется исходя из минимальной зарплаты в регионе, учитывая опыт и квалификацию работника. Затем к этой ставке добавляется премия за выполненный объем работы, которая может составлять до 50% от базовой ставки.

Важным фактором при расчете заработной платы является учет налогов и отчислений. К ним относятся налог на доходы физических лиц и страховые взносы в Пенсионный фонд и Фонд обязательного медицинского страхования.

После вычета налогов и отчислений заработная плата снижается. В среднем, налоговые вычеты составляют около 13% от заработной платы. Расчет заработной платы на сборочном участке – это сложный и ответственный процесс, который должен быть выполнен в соответствии с законодательством. Правильный расчет позволяет обеспечить справедливую оплату труда работников и сохранить высокую мотивацию на рабочем месте. Расчет заработной платы на сборочном участке приведен в таблице 10. Расчет выполняется по формуле 86.

$$\text{Озп} = \text{Ст} \cdot \text{Т} \cdot \left(1 + \frac{\text{Дп}}{100}\right), \quad (86)$$

где Ст – тарифная ставка, в соответствии с разрядом, руб;

Т – годовой фонд рабочего времени, чел-час;

Дп – коэффициент премиальных доплат.

Таблица 10 – Расчет основной заработной платы на сборочном участке

Квалификация работника	Число работников, чел	Часовая тарифная ставка, руб	Годовой фонд рабочего времени, чел/час	Сумма, руб
Слесарь по сборке автотранспортных средств, V разряда	6	300,00	1840	690 000,00
Слесарь по сборке автотранспортных средств, VI разряда	6	337,50	1840	776 250,00
Мастер участка	2	355,00	1840	816 500,00
ИТОГО				2 282 750,00

Дополнительная зарплата работников на участке рассчитывается по формуле 87.

$$\text{Дзп} = \text{Озп} \cdot \frac{\text{Кд}}{100}, \quad (87)$$

где Кд - коэффициент отчислений на дополнительную заработную плату, Кд = 8%.

$$\text{Дзп} = 2282750 \cdot \frac{8}{100} = 182\,620 \text{ руб}$$

Важным фактором при расчете заработной платы является учет налогов и отчислений. К ним относятся налог на доходы физических лиц и страховые взносы в Пенсионный фонд и Фонд обязательного медицинского страхования. Расчет затрат на страхование приводится в формуле 88.

$$O_{\text{ФМС}} = (O_{\text{Зп}} + D_{\text{Зп}}) \cdot K_{\text{соц}}, \quad (88)$$

где  $K_{\text{соц}}$  – норма отчислений на страховые взносы,  $K_{\text{соц}} = 0,3$ .

$$O_{\text{ФМС}} = (2282750 + 182620) \cdot 0,3 = 739611,00 \text{ руб}$$

Затраты на оплату труда определяются как сумма затрат на основную, дополнительную зарплату и затраты на страховые взносы.

$$O_{\text{т}} = O_{\text{Зп}} + D_{\text{Зп}} + O_{\text{ФМС}}, \quad (89)$$

$$O_{\text{т}} = 2282750 + 182620 + 739611 = 3\,204\,981 \text{ руб}$$

Кроме рассчитанных затрат, на участке присутствуют затраты на расходные материалы, которые используются при работе участка и обеспечивают работоспособность установленного на участке оборудования. Материалы используются в технологических процессах сборки изделий. Расчет стоимости затрат на материалы приведен в таблице 11.

Таблица 11 – Расчет стоимости материалов

Наименование материалов	Кол-во	Стоимость	Сумма
Обтирочные материалы, кг	60	125,00	7 500,00
Обезжириватель, л	25	200,00	5 000,00

Продолжение таблицы 11

Наименование материалов	Кол-во	Стоимость	Сумма
Консистентная смазка, кг	20	350,00	7 000,00
Жидкая смазка, кг	35	400,00	14 000,00
Абразивные материалы, кг	12	310,00	3 720,00
Проволока сварочная, кг	65	250,00	16 250,00
Круги абразивные зачистные, шт	450	110,00	49 500,00
Круги абразивные отрезные, шт	600	75,00	45 000,00
Фторопласт, кг	120	210,00	25 200,00
Черный металл, кг	850	90,00	76 500,00
Вода технологическая, м3	350	3,20	1 120,00
Прокладочный материал, м2	20	1 250,00	25 000,00
ИТОГО			275 790,00

Также при расчете себестоимости нормо-часа следует учитывать величину накладных расходов. Для сборочного участка принимаем величину накладных расходов в размере 125% от затрат на оплату труда.

$$Н_p = 1,25 \cdot О_t \quad (90)$$

$$Н_p = 1,25 \cdot 3\,204\,981 = 4\,006\,226,25 \text{ руб}$$

При расчете нормо-часа необходимо учитывать фонд времени работы сборочного участка. Исходя из технологии сборочных работ, фонд рабочего времени составит для участка сборки 45800 чел-ч. Суммарные затраты на сборочном участке, согласно произведенным расчетам сведены в таблицу 12.

Таблица 12 – Затраты на участке сборки

Наименование статьи затрат	Сумма
Амортизационные отчисления на оборудование	576 064,00
Амортизационные отчисления на площадь	17 100,00
Общие затраты на электроэнергию	18 846,29
Затраты на оплату труда	3 204 981,00
Стоимость расходных материалов	275 790,00
Накладные расходы	4 006 226,25
ИТОГО	8 099 007,54

Стоимость нормо-часа рассчитывается по формуле 91.

$$C_{нч} = C_{общ} / T_{уч}, \quad (91)$$

где  $C_{общ}$  – сумма общих затрат на участке, руб

$T_{уч}$  – фонд рабочего времени составит для участка сборки, чел-ч,

$$C_{нч} = 8\,099\,007,54 / 45\,800 = 176,83 \text{ руб}$$

Результатом выполнения раздела явился расчет себестоимости нормо-часа. Расчет производился на основании анализа комплекса затрат, которые несет участок в процессе реализации процесса сборки готового изделия. Учтены затраты на потреблённые энергоресурсы, затраты на заработную плату и накладные работы, связанные в первую очередь с управленческими издержками. В результате расчета была определена стоимость нормо-часа работы участка, которая составляет 176,83 рубля, что в целом отражает затраты на сборку в среднем по рынку. Рассчитанная величина нормо-часа может быть использована при расчете себестоимости производства изделий различной трудоемкости сборки.

## Заключение

В первом разделе дипломного проекта произведен анализ конструкции стенда бокового увода колёс легкового автомобиля и факторов, влияющих на боковой увод. В ходе анализа конструкции стенда бокового увода колёс легкового автомобиля и факторов, влияющих на боковой увод, были получены следующие выводы.

Конструкция стенда бокового увода должна соответствовать требованиям испытаний и измерений, включая регулируемые устройства для изменения углов установки колёс автомобиля, а также электронную систему сбора данных для точного измерения и анализа параметров бокового увода.

Углы установки колёс, такие как угол схождения, угол развала и угол наклона оси поворота колёс, оказывают значительное влияние на боковой увод автомобиля. Неправильная настройка этих углов может привести к нежелательным эффектам, включая снижение поворачиваемости и устойчивости автомобиля, а также увеличение вероятности бокового увода.

Состояние дорожного покрытия, состояние шин, скорость и маневренность автомобиля, а также профиль подвески и амортизаторы - все эти факторы оказывают влияние на боковой увод. Необходимо учитывать их при проведении испытаний и анализе бокового увода для определения причин и разработки соответствующих рекомендаций.

Различные методики проведения испытаний на боковой увод, такие как испытания на дороге, специализированные стенды, компьютерное моделирование и реальные эксперименты, могут использоваться в сочетании для получения наиболее полной и точной информации об углах установки колёс и их влиянии на боковой увод.

На основе вышеуказанных выводов можно сделать заключение, что для предотвращения бокового увода и улучшения поворачиваемости и управляемости автомобиля важно правильно настраивать углы установки колёс и учитывать другие факторы, влияющие на боковой увод. Оптимальная

конструкция стенда бокового увода и правильные методики испытаний позволят получить надежные результаты и разработать рекомендации для оптимизации углов установки колес и повышения безопасности и комфорта вождения.

Результатом выполнения второго раздела дипломного проекта явился расчет тягово-динамических и экономических характеристик транспортного средства.

Нагрузка на автомобиль является важным фактором, влияющим на его тяговую способность. При расчете необходимо учитывать массу автомобиля, грузоподъемность, а также вес и расположение груза. Расчет массы автомобиля основывался на методических указаниях и указаниях, почерпнутых из специализированной литературы, также подтвержденной практическим опытом.

Мощность двигателя, рассчитанной из массы и заданных скоростных режимов, должна быть достаточной для обеспечения необходимой тяговой способности при заданных условиях эксплуатации автомобиля. Передаточное число было выбрано таким образом, чтобы обеспечить оптимальное соотношение между скоростью автомобиля и его тяговой способностью. При этом необходимо учитывать, что слишком высокое передаточное число может привести к перегреву двигателя, а слишком низкое – к излишнему расходу топлива. Рассчитанное передаточное число обеспечивает движение автомобиля на скоростях, обозначенных в исходных данных. Расчет динамических характеристики, приведенных в Приложении А также свидетельствует о правильности произведенных расчетов.

Расход топлива также был рассчитан для подтверждения параметров транспортного средства при выполнении тягового расчета автомобиля. Он зависит от мощности двигателя, передаточного числа, нагрузки на автомобиль и других факторов. Графики расхода топлива, в зависимости от режима работы двигателя, приведен в Приложении А и на листах графической части.

Таким образом, тяговый расчет автомобиля является важным этапом проектирования и эксплуатации транспортных средств. Он позволяет определить оптимальные параметры для обеспечения высокой тяговой способности и экономической эффективности автомобиля.

В конструкторском разделе дипломного проекта были представлены техническое задание, техническое предложение на конструкцию стенда, а также выполнены расчеты по конструктивным параметрам стенда.

Разработка испытательного стенда бокового увода колёс – важный шаг для создания инструмента, позволяющего измерять и анализировать параметры бокового увода автомобиля.

Испытательный стенд обеспечивает возможность моделирования различных условий, включая сухое и мокрое покрытие дороги, повороты и неровности. Это позволяет более точно изучать поведение автомобиля и его реакцию на различные факторы. Регулирующие устройства стенда позволяют изменять углы установки колес, включая угол схождения, угол развала и угол наклона оси поворота колес. Это позволяет провести испытания с различными настройками и определить оптимальные значения этих углов для предотвращения бокового увода.

Система сбора данных стенда должна быть точной и надежной, обеспечивая высокую точность измерений и возможность анализа полученных данных, построенной на датчиках цифрового типа. Это позволяет получить достоверные результаты и сделать соответствующие рекомендации для оптимизации углов установки колес и улучшения управляемости автомобиля.

На основе вышеуказанных выводов можно сделать заключение, что разработка испытательного стенда бокового увода колёс легкового автомобиля является важным шагом в области исследования и оптимизации углов установки колес и предотвращения бокового увода. Разработанный стенд позволит проводить испытания в различных условиях и получать

надежные результаты, что способствует повышению управляемости и безопасности автомобилей.

Результатом выполнения технологического раздела явилось формирование технологической карты выполнения работ по контролю величины бокового увода. Работы производятся на специализированном стенде, разработанном в конструкторском разделе. Особенностью проведенных работ является то, что испытания производятся с использованием эталонных значений величин увода, что позволяет производить испытания в режимах, соответствующих эксплуатационным режимам транспортного средства, которые возможно измерить инструментальными методами, что в свою очередь повышает достоверности и качество производимых испытаний.

В процессе анализа опасных и вредных производственных факторов были выявлены наиболее характерные для рассматриваемого в рамках дипломного проекта участка сборки. Выявленные факторы позволили сформировать комплекс мероприятий организационного характера, направленных на их нейтрализацию или снижения уровня воздействия на рабочих. Также для снижения уровня воздействия ряда опасных и вредных производственных факторов были подобраны средства индивидуальной защиты рабочих.

Определены факторы пожарной опасности на участке, в соответствии с Федеральным законом от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 14.07.2022) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности". Приведены факторы, наиболее характерные для сборочного участка рассматриваемого предприятия. Разработаны мероприятия по снижению уровня пожарной опасности организационного и технического характера. Произведено выявление факторов воздействия сборочного участка на окружающую среду.

Предложены мероприятия организационного характера, направленные на снижение воздействия деятельности предприятия, среди которых такие, как внедрение отдельного сбора отходов, применение систем очистки сточных

вод, учет внешних факторов при организации и планирования участка. На основании проведенного анализа факторов и комплекса предложенных мероприятий можно сделать вывод о выполнении задания в рамках раздела по безопасности жизнедеятельности и охраны труда на участке.

Результатом выполнения экономического раздела явился расчет себестоимости нормо-часа. Расчет производился на основании анализа комплекса затрат, которые несет участок в процессе реализации процесса сборки готового изделия. Учтены затраты на потреблённые энергоресурсы, затраты на заработную плату и накладные работы, связанные в первую очередь с управленческими издержками. В результате расчета была определена стоимость нормо-часа работы участка, которая составляет 176,83 рубля, что в целом отражает затраты на сборку в среднем по рынку. Рассчитанная величина нормо-часа может быть использована при расчете себестоимости производства изделий различной трудоемкости сборки.

На основании изложенного, можно сделать вывод о достижении целей, поставленных в ходе выполнения дипломного проекта.

## Список используемых источников

1. Автоматические системы транспортных средств: учебник / В.В. Беляков, Д.В. Зезюлин, В.С. Макаров, А.В. Тумасов. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2023. — 352 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-00091-571-4.
2. Базовое шасси пожарных автомобилей и спасательной техники : учебное пособие / Д. А. Едимичев, А. Н. Минкин, С. Н. Масаев [и др.]. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2020. - 148 с. - ISBN 978-5-7638-4289-0.
3. Березина, Е. В. Автомобили: конструкция, теория и расчет : учебное пособие / Е.В. Березина. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 320 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-018271-1.
4. Богатырев, А. В. Автомобили : учебник / А.В. Богатырев, Ю.К. Есеновский-Лашков, М.Л. Насоновский ; под ред. проф. А.В. Богатырева. – 3-е изд., стереотип. – Москва : ИНФРА-М, 2023. – 655 с.
5. Богатырев, А. В. Электронные системы мобильных машин : учебное пособие / А.В. Богатырев. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 224 с.
6. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» по технологической операции, видам работ, оборудованию, производственному цеху, участку»
7. Круглик, В. М. Технология обслуживания и эксплуатации автотранспорта : учебное пособие / В.М. Круглик, Н.Г. Сычев. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 260 с. : ил. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-006953-1.
8. Кутьков, Г. М. Тракторы и автомобили: теория и технологические свойства : учебник / Г.М. Кутьков. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 506 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Высшее образование: Бакалавриат). — [www.dx.doi.org/10.12737/974](http://www.dx.doi.org/10.12737/974). - ISBN 978-5-16-006053-8.

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

10. Маркина, А. А. Теория движения колесных машин : учебное пособие / А. А. Маркина, В. В. Давыдова ; М-во науки и высш. образования РФ. - Екатеринбург : Изд-во Уральского ун-та, 2021. - 216 с. - ISBN 978-5-7996-3263-2.

11. Набоких, В. А. Датчики автомобильных электронных систем управления и диагностического оборудования : учебное пособие / В.А. Набоких. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 239 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-014160-2.

12. Новиков, В. В. Виброзащитные свойства подвесок автотранспортных средств : монография / В. В. Новиков, И. М. Рябов, К. В. Чернышев. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. - 384 с. - ISBN 978-5-9729-0634-5.

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

14. Песков, В. И. Конструкция автомобильных трансмиссий : учебное пособие / В.И. Песков. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2023. — 146 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-016247-8..

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

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

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

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

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

20.Экономика организаций автомобильного транспорта : учебное пособие / Р. Б. Ивуть, П. И. Лапковская, Т. Л. Якубовская, М. М. Кисель. - Минск : РИПО, 2022. - 215 с. - ISBN 978-985-895-035-4.

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

22.Everyday English For Technical Students (Mechanical engineering, metallurgy and transport department) [Электронный ресурс]/ – Электрон. текстовые данные.– Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2021.– 350 с.

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

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

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

Приложение А  
Графики тягового расчета

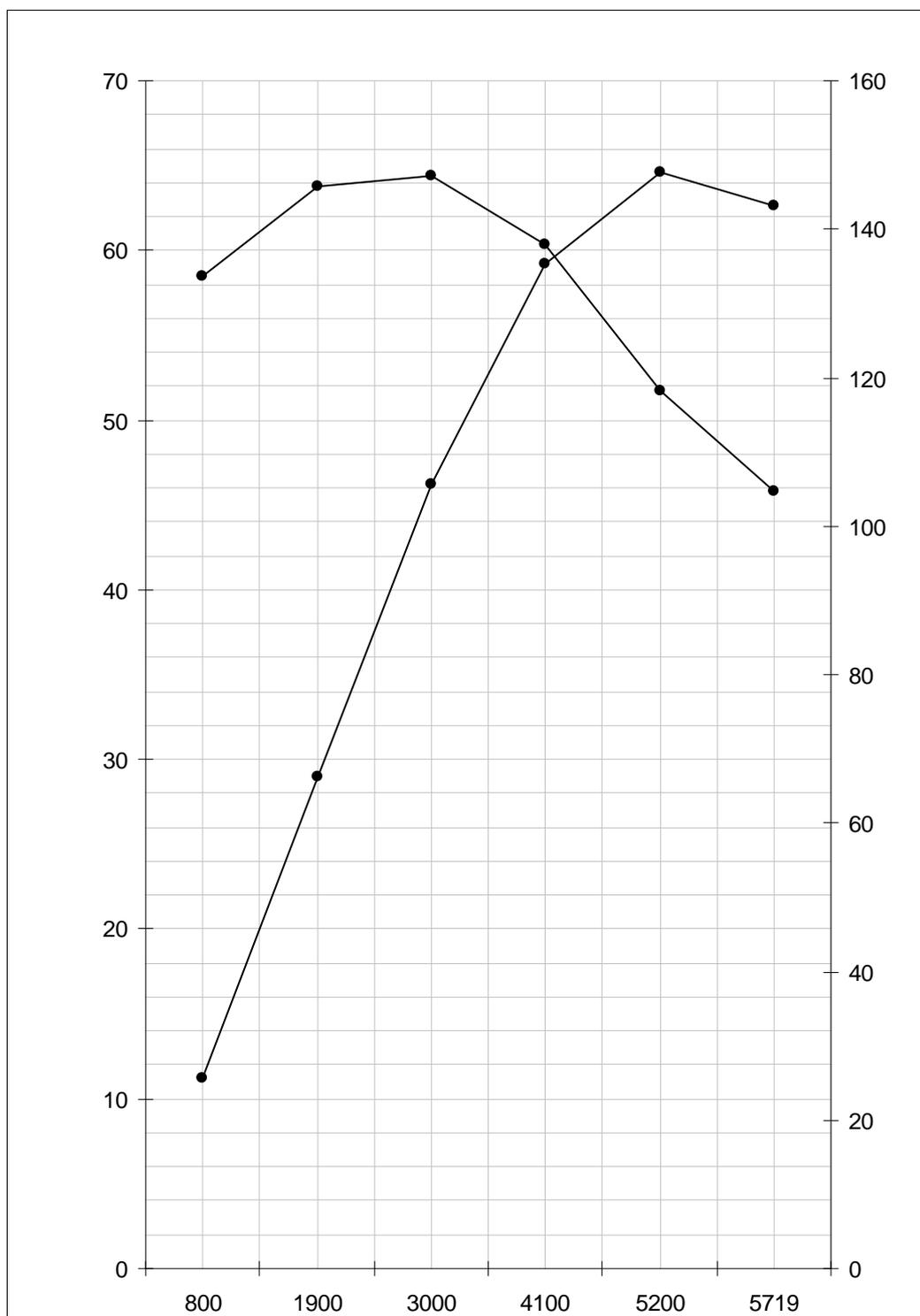


Рисунок А1 – Внешняя скоростная характеристика

Продолжение Приложения А

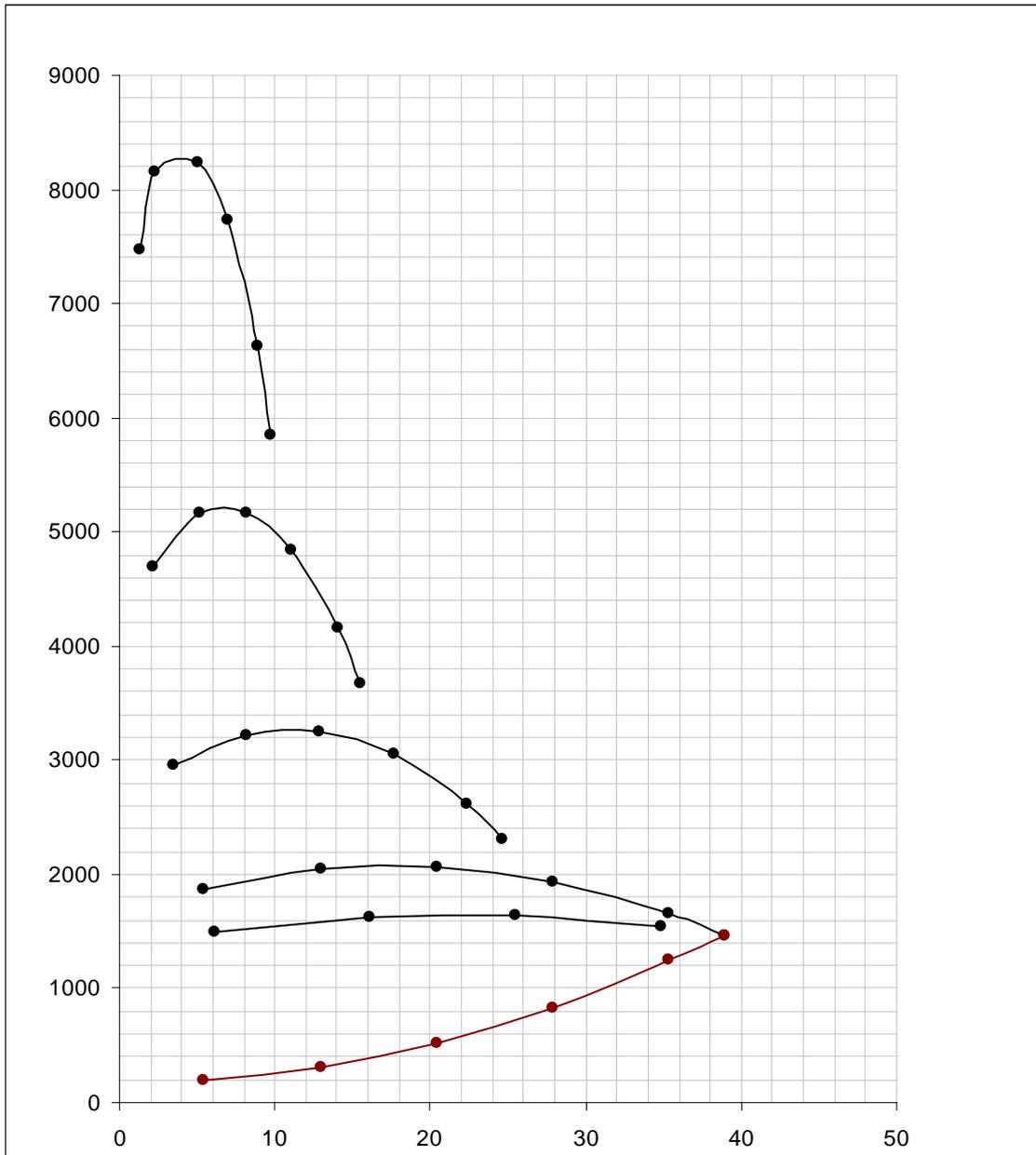


Рисунок А2 – Тяговый баланс автомобиля

Продолжение Приложения А

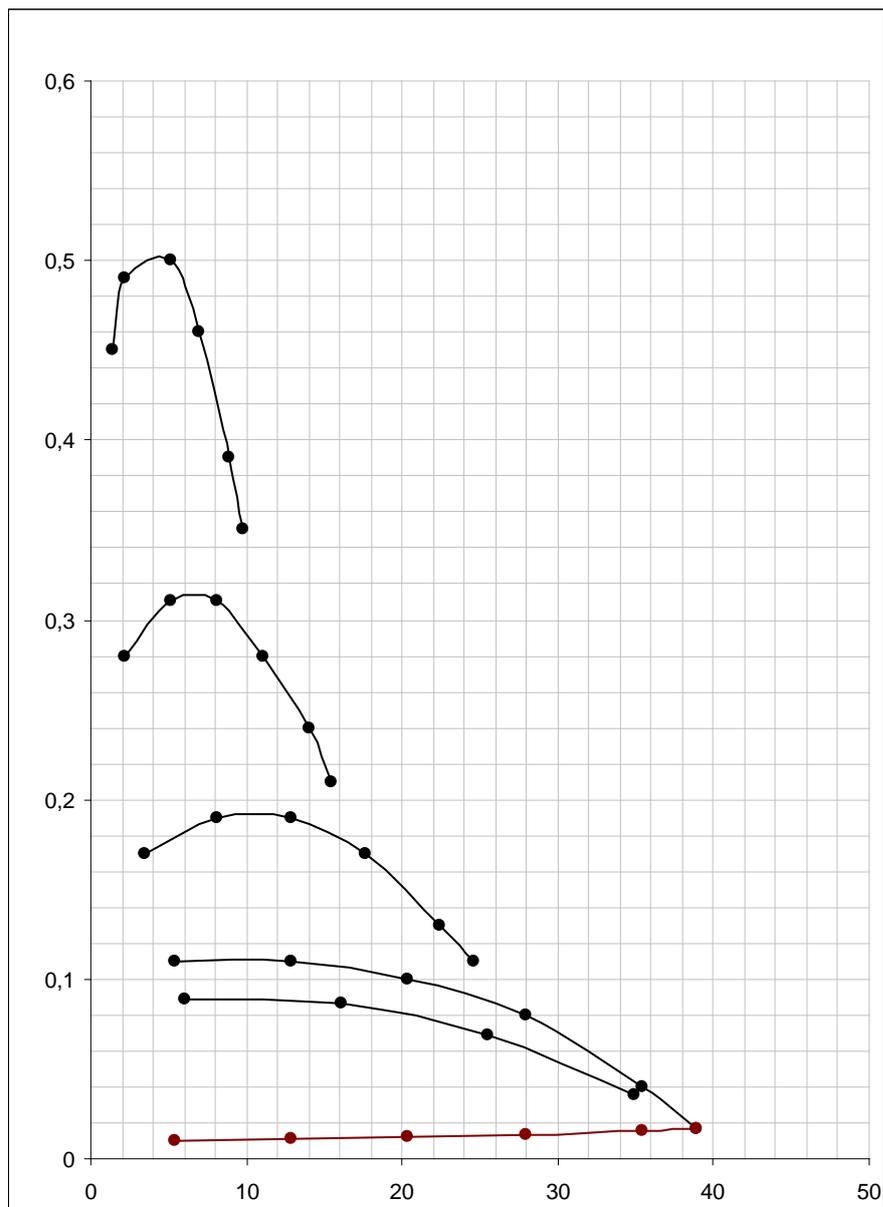


Рисунок А3 – Динамическая характеристика

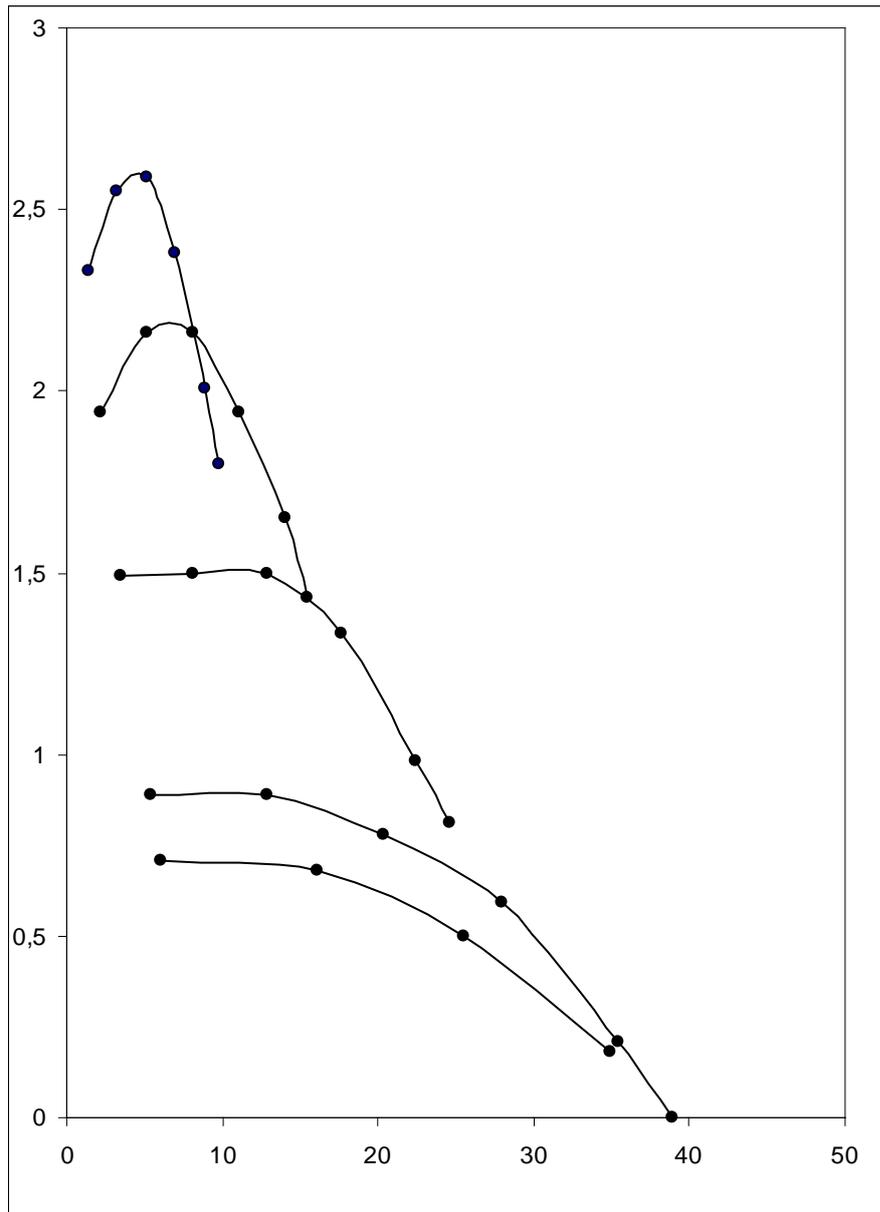


Рисунок А4 – Ускорения автомобиля

Продолжение Приложения А

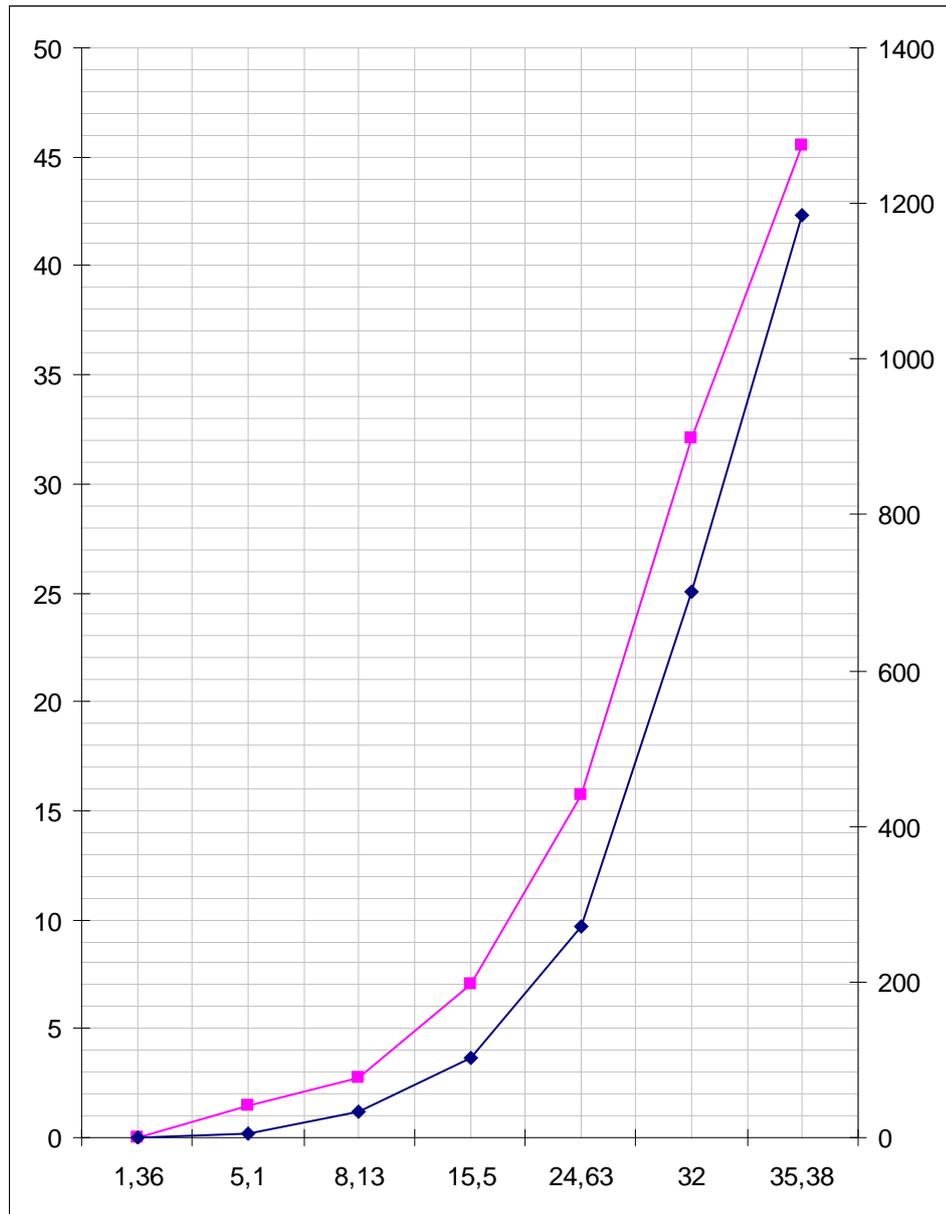


Рисунок А5 – Время и путь разгона автомобиля

Продолжение Приложения А

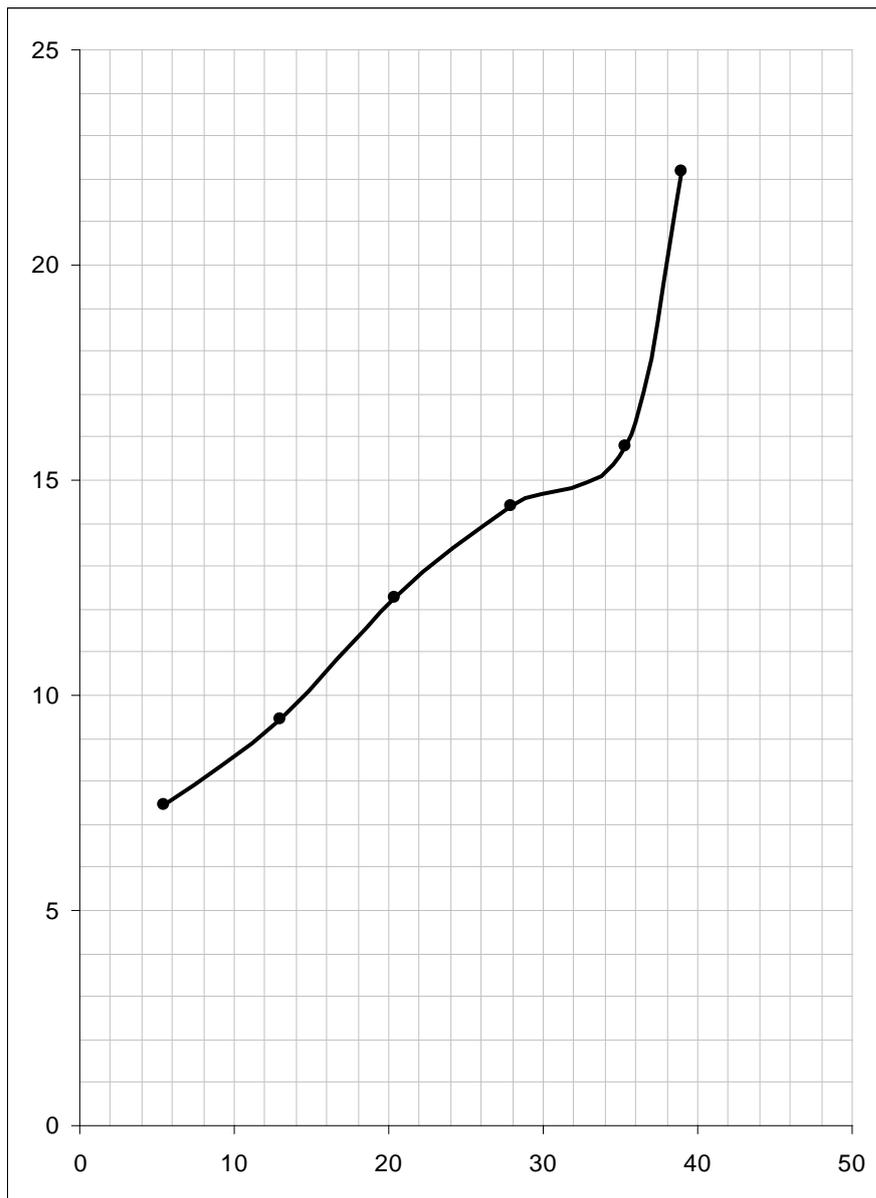


Рисунок А8 – Топливо-экономическая характеристика