

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 задней независимой подвески для легкового автомобиля

Renault Sandero Stepway

Обучающийся

И.С. Цыбин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент М.В. Прокопьев

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

Консультанты

канд. техн. наук, доцент А.В. Бобровский

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

доцент Д.А. Романов

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

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

О.А. Головач

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

Тольятти 2023

Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Разработка задней независимой подвески для легкового автомобиля Renault Sandero Stepway».

Цель работы – разработка задней независимой подвески для легкового автомобиля Renault Sandero Stepway.

Пояснительная записка включает в себя введение, шесть разделов, заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения, всего 107 страниц с приложениями.

Графическая часть представлена 10 листами формата А1, выполненными в инженерном программном обеспечении КОМПАС-3D.

Дипломный проект полностью соответствует утвержденному заданию на проектирование.

В первом разделе рассмотрены типы подвесок автомобиля: зависимые и независимые. К разработке принята задняя независимая подвеска, которая отличается хорошей управляемостью, высоким комфортом и относительно низкой ценой.

Во втором разделе выполнен тягово-динамический расчёт автомобиля Renault Sandero Stepway.

В третьем разделе проведено вычисление вертикальной упругой характеристики подвески, характеристики амортизатора, его основных размеров, расчет рычага на изгиб и сжатие, определены его размеры, а также произведен расчёт пружины.

В четвертом разделе выбрана организационная форма сборки, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки проектируемой подвески.

В пятом разделе рассмотрены вопросы напрямую связанные с обеспечением безопасности и экологичности проекта.

В шестом разделе определена экономическая эффективность проекта.

В заключении сделаны выводы по дипломному проекту.

Abstract

The title of the graduation work is: «The development of a rear independent suspension for a «Renault Sandero Stepway» car».

The graduation work consists of: an introduction, six parts, a conclusion, a list of references, appendices and a graphic part on 10 A1 sheets.

The key issue of the thesis is the construction design of the rear independent suspension for the «Renault Sandero Stepway» car to improve the smoothness of the car, handling in different driving situations, comfort and traffic safety.

We touch upon the problem of the necessity of continuous upgrading of the car design, in order to improve its technical and economic characteristics.

The aim of the work is to develop the rear independent suspension for the «Renault Sandero Stepway» car.

The graduation work may be divided into several logically connected parts, which are: the review of the types of vehicles suspensions: dependent and independent (the rear independent suspension was approved for project development. It is characterized by good handling, high comfort and relatively low price); the traction-dynamic calculation of the «Renault Sandero Stepway» car; the calculation of the vertical elastic characteristic of the suspension, the characteristic of the shock absorber, its main dimensions, the bending and compression calculation of the suspension lever, the determination of its dimensions, the calculation of the spring; the selection of the organizational form of the designed suspension assembly, the description of its technological process; the labor intensity calculation; the analysis of the safety and environmental friendliness of the project; the justification of the economic efficiency of the project.

This graduation project has a practical application for tuning stations.

Содержание

Введение.....	6
1 Состояние вопроса	9
2 Тягово-динамический расчет автомобиля	18
2.1 Расчет потребной мощности двигателя	19
2.2 Выбор двигателя и его характеристики.....	22
2.3 Определение передаточных чисел трансмиссии	25
2.4 Построение динамической характеристики	28
2.5 Построение характеристики ускорений.....	31
2.6 Построение характеристик разгона.....	35
2.7 Построение мощностного баланса	37
2.8 Построение топливной характеристики установившегося движения...	39
3 Конструкторская часть	42
3.1 Описание подвески	43
3.2 Расчет задней независимой подвески	54
3.3 Расчет характеристики амортизатора	58
3.4 Расчет нижнего рычага	61
3.5 Расчет пружины.....	64
4 Технологический раздел.....	66
4.1 Обоснование выбора технологического процесса.....	67
4.2 Проектирование технологического процесса сборки задней независимой подвески для легкового автомобиля Renault Sandero Stepway..	70
5 Производственная и экологическая безопасность проекта	73
5.1 Характеристика технологического процесса обслуживания подвески автомобиля Renault Sandero Stepway с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны.....	74
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	75
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	77
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	84

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса обслуживания подвески автомобиля Renault Sandero Stepway	86
6 Экономическая эффективность проекта.....	89
Заключение	96
Список используемой литературы и используемых источников.....	97
Приложение А. Графики тягово-динамической характеристики	102
Приложение Б. Спецификации	106

Введение

Renault Group – французская автомобилестроительная корпорация. Штаб-квартира компании расположена в городе Булонь-Бийанкур, недалеко от Парижа. В настоящее время автомобили Renault поставляются в 200 стран мира.

«Renault Sandero – субкомпактный хэтчбек на шасси Renault Logan, формально не входящий в семейство Logan. Имеет внутривыпускной индекс В90. Отличается укороченной до 2591 мм колесной базой (у Логана 2630 мм) и иной внешностью, решенной в духе Renault Scenic» [29].

«Разработка началась в 2005 г. Полномасштабное производство Renault Sandero на заводе имени Айртона Сенны в Куритибе стартовало в декабре 2007 г. Продается в Бразилии, а с февраля 2008 г. и в Аргентине. Европейская премьера Dacia Sandero состоялась в марте 2008 г. на автосалоне в Женеве. В 2008 г. его серийное производство (под маркой Dacia) началось в Румынии, в 2009 г. в Южной Африке. С 2009 г. продается на Украине, а также в Республике Беларусь. С декабря 2009 г. выпускается в Москве на заводе «Рено Россия» (до 2014 г. «Автофрамос»). Продажи в России начались 1 марта 2010 г. По сравнению с седаном Renault Logan хэтчбек Sandero имеет меньшую на 39 мм колесную базу, она равна 2591 мм. Дорожный просвет хэтчбека составляет 155 мм. Sandero и Logan унифицированы примерно на 70%, в том числе модели имеют общую гамму силовых агрегатов и трансмиссию» [28].

«Базовым двигателем для Renault Sandero является 1,4-литровый 8-клапанный бензиновый мотор мощностью 75 л. с., 1,6-литровый двигатель существует в 8-клапанной (84 л. с.) и 16-клапанной (102 л. с.) модификациях. Версия автомобиля с двигателем 1,6 литра в 16-клапанной модификации доступна как с МКПП, так и с АКПП. В качестве трансмиссии предлагается 5-ступенчатая механическая коробка передач или 4-ступенчатый автомат. В

некоторых комплектациях доступна и роботизированная коробка передач с двумя сцеплениями.

Renault Sandero Stepway оснащается системами безопасности, такими как антиблокировочная система тормозов (ABS), система курсовой устойчивости (ESP), фронтальные и боковые подушки безопасности, а также системой крепления детских кресел ISOFIX.

Базовая для Renault Sandero комплектация называется Authentique, вторая по оснащённости версия – Expression, максимальная комплектация – Prestige. В последней версии спинка заднего сиденья складывается в отношении 1/3 (или 2/3), в более дешёвых модификациях задняя спинка не разделяемая. Максимальный объём багажного отделения в Renault Sandero составляет 1200 л (минимальный – 320 л). На российский рынок Renault Sandero поставляется с защитой поддона двигателя и с адаптацией к запуску двигателя в холодном климате.

С 2010 года на европейском рынке доступна внедорожная версия под названием Sandero Stepway. Автомобиль отличается увеличенным на 20 мм клиренсом (до 175 мм под нагрузкой и 195 мм без нагрузки) за счет других амортизаторов и пружин, а также иной формой бамперов, наличием декоративных пластиковых порогов, рейлингов на крыше и массивных колесных арок.

Согласно набору опций и оборудования Sandero Stepway занимает промежуточное положение между комплектациями Sandero Expression и Prestige, но тем не менее обладает набором опций, присущих исключительно ему. Sandero Stepway выпускается в комплектации с 8-клапанным двигателем объемом 1,6 л (84 л.с. при 5500 об/мин) и ручной пятиступенчатой КПП, а также с 16-клапанным двигателем 1,6 л (102 л.с. при 5750 об/мин) и четырехступенчатой АКПП. Максимальный крутящий момент составляет 124 Н·м при 3000 об/мин для 8-клапанного двигателя и 145 Н·м при 3750 об/мин для 16-клапанного. Существует также бразильская модификация Stepway, которая отличается от российской формой передней решетки,

типами двигателей и другими изменениями. Была представлена в Бразилии в 2008 г.» [30]

Задняя подвеска Renault Sandero Stepway основана на торсионной балке, что является достаточно простым и недорогим решением. Однако, такая конструкция имеет некоторые недостатки, такие как ограниченный ход колес и меньшая стабильность на неровных дорогах.

Новая конструкция задней подвески должна обеспечивать:

- улучшение комфорта и управляемости автомобиля;
- увеличение хода колес для лучшей проходимости на неровных дорогах;
- минимальное увеличение массы автомобиля;
- простоту и надежность конструкции;
- низкую стоимость производства и обслуживания.

Целью дипломного проекта является разработка задней независимой подвески, выполнение расчетов размеров пружин, амортизатора и нижнего рычага для легкового автомобиля Renault Sandero Stepway.

1 Состояние вопроса

«Подвеска в автомобиле выполняет ряд важнейших функций: обеспечивает упругое крепление колес к кузову (что позволяет им перемещаться относительно несущей части); гасит колебания, получаемые колесами от дороги (тем самым достигается плавность хода авто); обеспечивает постоянный контакт колеса с дорожным полотном (сказывается на управляемости и устойчивости)» [3].

«С момента появления первого авто и по наше время было разработано несколько видов этой составляющей ходовой части. Но при этом создать идеальное решение, которое устраивало бы по всем параметрам и показателям так и не удалось. Поэтому из всех существующих типов подвесок автомобиля выделить какую-то одну невозможно. Ведь в каждой из них имеются свои положительные и отрицательные стороны, которые и определяют их использование» [27].

В целом любая подвеска включает в себя три основных составляющих, каждая из которых выполняет свои функции: упругие элементы, демпфирующие, направляющие системы.

В задачу упругих элементов входит восприятие всех ударных нагрузок и плавная передача их на кузов. Дополнительно обеспечивают постоянный контакт колеса с дорогой. К этим элементам относятся пружины, торсионы, рессоры.

Наибольшее распространение в качестве упругих элементов получили витые пружины. На грузовых же авто нередко используется еще один вид – пневмоподушки.

«Демпфирующие элементы используются в конструкции для гашения колебаний упругих элементов путем их поглощения и рассеивания, что предотвращает раскачивание кузова во время работы подвески. Эту задачу выполняют амортизаторы.

Направляющие системы связывают колесо с несущей частью, обеспечивают возможность перемещения по требуемой траектории, при этом с удержанием его в заданном положении относительно кузова. К этим элементам относятся всевозможные рычаги, тяги, балки, и все остальные компоненты, принимающие участие создании подвижных соединений (сайлент-блоки, шаровые опоры, втулки и т. д.)» [8].

В целом все используемые сейчас типы подвесок автомобиля делятся на две категории – зависимые и независимые. Также существует промежуточный вариант – полузависимая.

Зависимая подвеска

Зависимая подвеска (рисунок 1) начала использоваться на автомобилях с момента их появления и «перекочевала» она на авто с конных повозок. И хоть за время существования этот тип значительно усовершенствовался, но суть работы осталась неизменной.

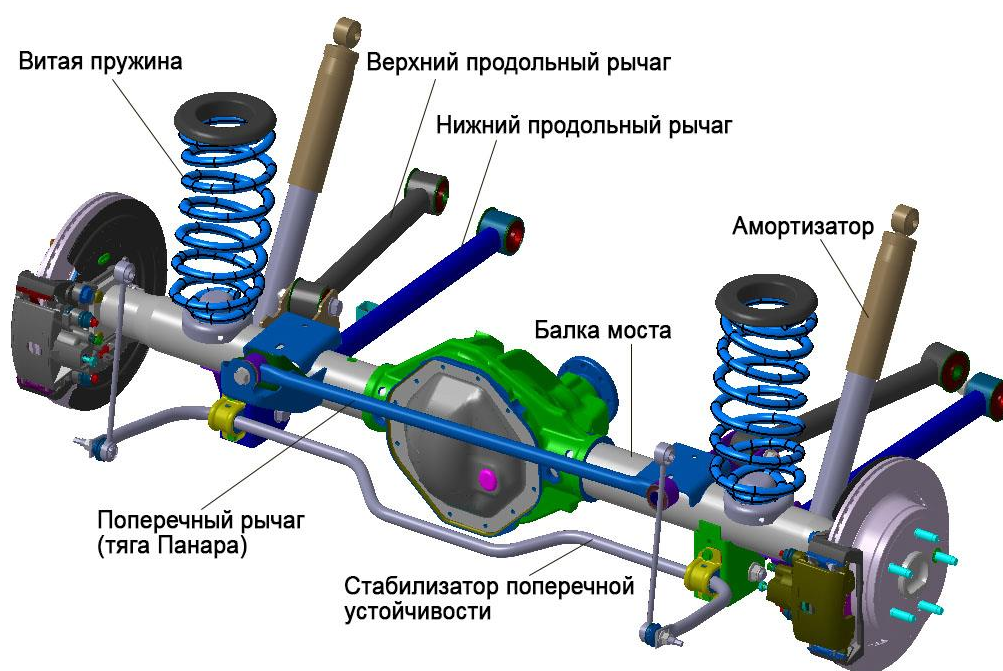


Рисунок 1 – Зависимая подвеска с 2-мя поперечными и 2-мя продольными рычагами

«Особенность этой подвески заключается в том, что колеса соединены между собой осью, и не имеют возможности перемещаться отдельно

относительно друг друга. В результате передвижение одного колеса (к примеру, при попадании в яму) сопровождается смещением второго.

В заднеприводных автомобилях соединяющей осью выступает задний мост, одновременно являющийся элементом трансмиссии (в его конструкцию входит главная передача с дифференциалом и полуоси). В переднеприводных же авто применяется специальная балка.

В первых конструкциях подвесок в качестве упругих элементов использовались рессоры, но сейчас их уже полностью вытеснили пружины. Демпфирующим элементом в этом типе подвески выступают амортизаторы, которые могут быть установлены отдельно от упругих элементов или же располагаться с ними соосно (амортизатор установлен внутри пружины)

В верхней части амортизатор крепится к кузову, а в нижней – к мосту или балке, то есть помимо гашения колебательных движений, он выступает еще и в качестве крепежного элемента.

Что касается направляющей системы, то в конструкции зависимой подвески она состоит из продольных рычагов и поперечной тяги.

Четыре продольных рычага (два верхних, и два нижних) обеспечивают полностью предсказуемое движение оси с колесами по всем существующим направлениям. В некоторых случаях количество этих рычагов уменьшено до двух (верхние не используются). В задачу же поперечной тяги (так называемая тяга Панара) входит уменьшение кренов кузова и удержание траектории движения» [8].

«Основными достоинствами зависимой подвески такой конструкции являются простота конструкции, что сказывается на надежности. Также она обеспечивает отличное сцепление с дорожным полотном колес, но только в случае движения по ровной поверхности.

Большим недостатком этого вида является возможность потери сцепления при вхождении в повороты. При этом из-за совмещения оси с элементами трансмиссии, задний мост имеет массивную и габаритную конструкцию, для которой необходимо обеспечить достаточно много места.

Ввиду этих особенностей использование такой подвески для передней оси практически невозможно, поэтому она применяется только сзади.

Использование этого типа подвески на легковых авто сейчас уже сведено к минимуму, хотя она еще встречается на грузовиках и полноразмерных рамных внедорожниках» [12].

Независимая подвеска.

«Независимая подвеска отличается тем, что колеса одной оси между собой не связаны и движение одного из них не оказывает никакого влияния на другое. По сути, в этом типе для каждого колеса предусмотрен свой комплект составляющих частей – упругой, демпфирующей, направляющей. Между собой эти два комплекта практически не взаимодействуют» [12].

Стойки Макферсона.

«Разработано было несколько типов независимой подвески. Одним из самых популярных видов является подвеска МакФерсона (она же – «качающаяся свеча»).

Особенность стойки независимой подвески (рисунок 2) заключена в использовании так называемой амортизационной стойки, которая выполняет одновременно три функции. В состав стойки входит и амортизатор, и пружина» [12].

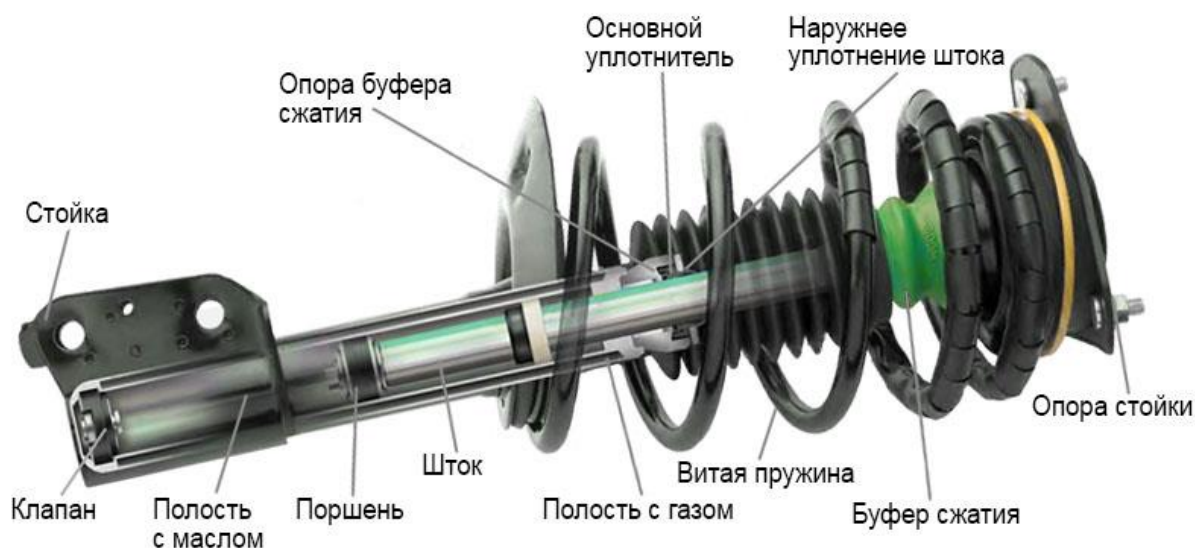


Рисунок 2 – Стойка независимой подвески

«В нижней части этот составной элемент подвески крепиться к ступице колеса, а сверху посредством опор – к кузову, поэтому он помимо принятия и гашения колебаний еще и обеспечивает крепление колеса.

Также в конструкции имеется еще одни компоненты направляющей системы – поперечные рычаги, в задачу которых входит помимо обеспечения подвижного соединения колеса с кузовом еще и предотвращение его продольного перемещения.

Для уменьшения кренов кузова во время движения в конструкции подвески используется еще один элемент – стабилизатор поперечной устойчивости, который является единственным связующим звеном между подвесками двух колес одной оси. По сути, этот элемент является торсионом и принцип его работы основан на возникновении противодействующей силы при скручивании.

Подвеска со стойками МакФерсона является одной из самых распространенных и может использоваться как на передней, так и задней оси.

Она отличается сравнительно компактными размерами, простотой конструкции и надежностью, за что и получила популярность. Недостатком же ее является изменение угла развала при значительном ходе колеса относительно кузова» [12].

Подвеска рычажного типа.

«Рычажные независимые подвески (рисунок 3) – тоже достаточно распространенный вариант, применяемые на автомобилях. Этот тип делится на два вида – двухрычажную и многорычажную подвески» [12].

«Конструкция двухрычажной подвески сделана так, что амортизационная стойка выполняет только свои прямые задачи – гасит колебания. Крепление же колеса полностью лежит на управляющей системе, состоящей из двух поперечных рычагов (верхнего и нижнего).

Используемые рычаги имеют А-образную форму, что обеспечивает надежное удержание колеса от продольного перемещения. К тому же они

разной длины (верхний – короче), благодаря чему даже при значительных передвижениях колеса относительно кузова, угол развала не меняется» [26].

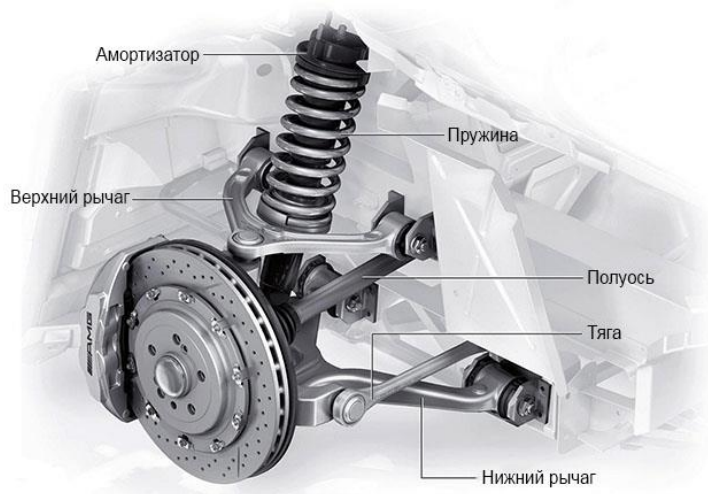


Рисунок 3 – Рычажная независимая подвеска

«В отличие от «МакФерсона» двухрычажная подвеска более габаритна и металлоемка, хотя чуть большее количество составных частей на надежности не сказывается, но она несколько сложнее в обслуживании.

Многорычажный тип (рисунок 4) является доработанной двухрычажной подвеской. Вместо двух А-образных в ее конструкции используется до 10 поперечных и продольных рычагов» [11].

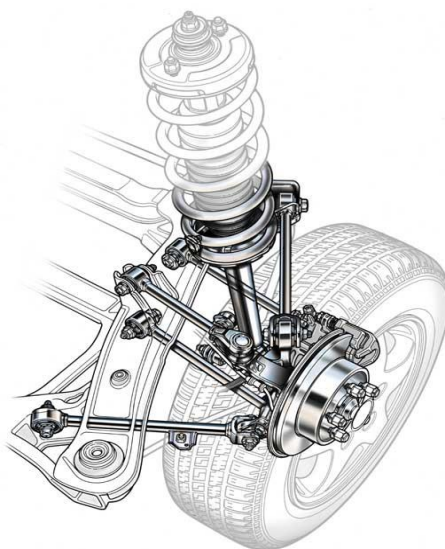


Рисунок 4 – Многорычажная подвеска

«Такое конструктивное решение оказывает положительное влияние на плавность хода и управляемость авто, сохранности углов положения колеса во время работы подвески, но при этом она более дорогостоящая и сложная в обслуживании. Из-за этого по применяемости она уступает стойкам МакФерсона и двухрычажному типу. Ее можно встретить на более дорогостоящих авто» [26].

Полузависимая подвеска.

«В полузависимой подвеске (рисунок 5) имеется балка (в которую не входят элементы трансмиссии), выполненная заодно с продольными рычагами, к которым крепятся колесные ступицы. То есть, и имеется ось, соединяющая два колеса. К кузову балка крепиться тоже при помощи этих же рычагов. В качестве упругих и демпфирующих элементов выступают пружины и амортизаторы» [3].

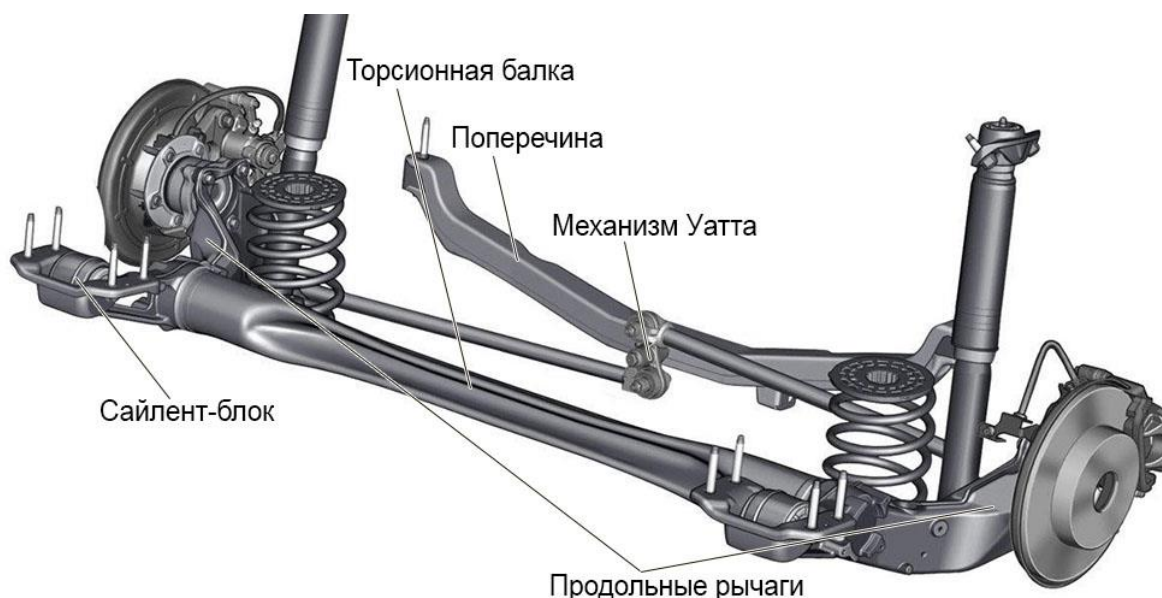


Рисунок 5 – Полузависимая подвеска с механизмом Уатта

В отличие от зависимой подвески, балка является торсионной и может работать на скручивание. Это позволяет в определенном диапазоне колесам независимо друг от друга перемещаться в вертикальном направлении.

Благодаря простоте конструкции и высокой надежности торсионная балка достаточно часто применяется на задних осях переднеприводных автомобилей.

«Подвеска «ДеДион» (рисунок 6) отличается устройством трансмиссии заднеприводных автомобилей. Суть разработки сводилась к тому, что главная передача была вынесена из конструкции заднего моста (она жестко крепилась к кузову, а передача вращения выполнялась полуосями со ШРУСами). Сама же задняя ось могла иметь как независимую, так и зависимую подвеску. Но из-за ряда негативных качеств этот тип на авто широкого распространения не получил» [4].

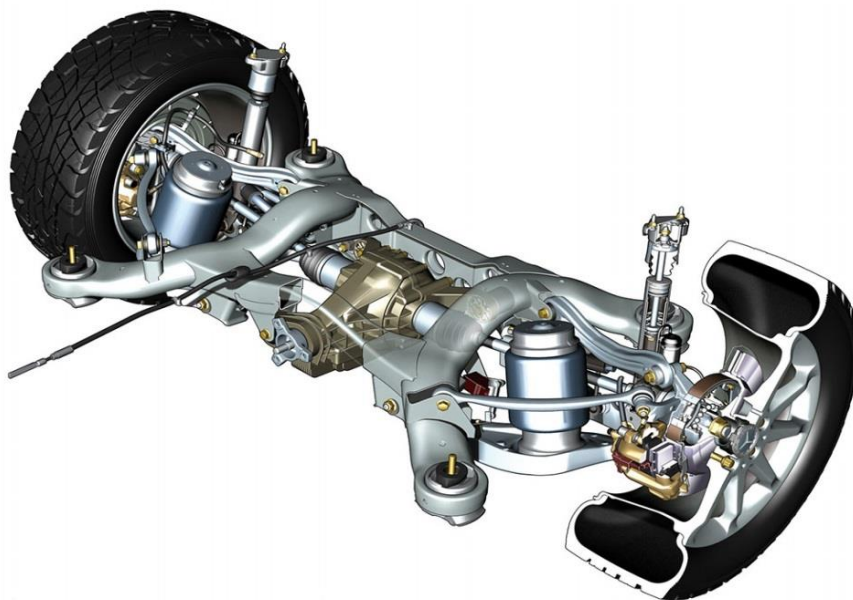


Рисунок 6 – Подвеска ДеДион

«Также стоит упомянуть об активной (она же – адаптивная) подвеске. Она не является каким-то отдельным типом, а является, по сути, независимой подвеской, и отличается от описанных выше некоторыми конструктивными нюансами.

В этой подвеске используются амортизаторы (гидравлические, пневматические или комбинированные) с электронным управлением, что

позволяет в некотором роде менять параметры работы этого узла – повышать и понижать жесткость, увеличивать клиренс.

Но ввиду сложности конструкции встречается она очень редко и только на автомобилях премиум сегмента» [4].

На многие автомобили устанавливается задняя независимая подвеска, которая отличается хорошей управляемостью, высоким комфортом и относительно низкой ценой, чем выше изложенные типы подвесок. Поэтому данный тип выбирается для разработки.

Renault Sandero Stepway является популярным автомобилем в сегменте кроссоверов, который сочетает в себе доступность, практичность и стильный дизайн. Эта модель основана на базе стандартного Renault Sandero, но отличается повышенным клиренсом, усиленной подвеской и внешними элементами, придающими автомобилю более агрессивный и привлекательный вид.

Подвеска Renault Sandero Stepway разработана с учетом особенностей эксплуатации автомобиля на разных дорогах и климатических условиях. Она обеспечивает комфортное и безопасное движение, хорошую управляемость и стабильность автомобиля.

В работе предлагается разработка задней независимой подвески МакФерсон для автомобиля Renault Sandero Stepway.

Такая конструкция позволяет обеспечить больший ход колес, лучшую управляемость, стабильность и комфорт.

Выводы по разделу.

В разделе рассмотрены типы подвесок автомобиля: зависимые и независимые. К разработке принята задняя независимая подвеска, которая отличается хорошей управляемостью, высоким комфортом и относительно низкой ценой по сравнению с другими типами подвесок.

2 Тягово-динамический расчет автомобиля

Технические характеристики Renault Sandero Stepway (рисунок 7) представлены в таблице 1.

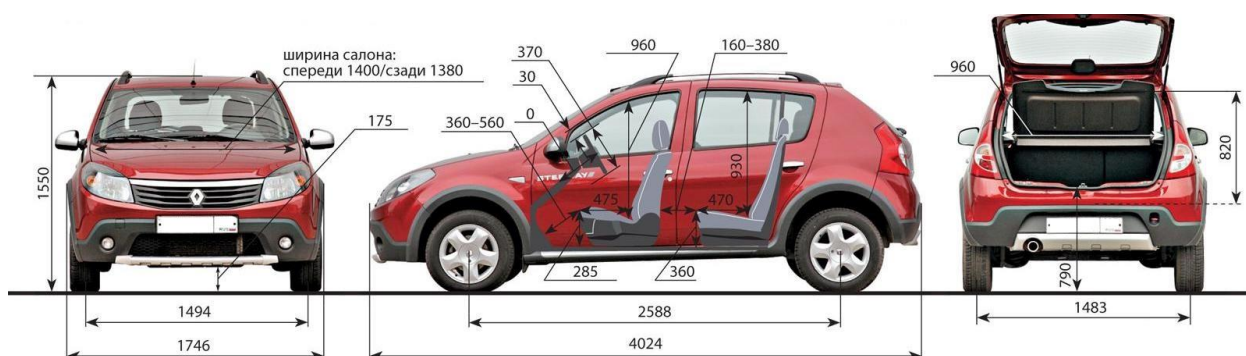


Рисунок 7 – Габаритные размеры Renault Sandero Stepway

Таблица 1 – Общие характеристики Renault Sandero Stepway [1].

Параметр	Значение
Колесная формула	4×2
Число мест, включая водителя, чел.	5
Колесная база, мм	2588
Дорожный просвет, мм	175
Габаритные размеры, мм	4024×1746×1550
Снаряженная масса, кг	1165
Полная масса, кг	1560
Максимальная скорость, км/ч (м/с)	172 (47,7)
Кол-во топливных баков	1
Двигатель	
Модель двигателя	H4M
Тип двигателя	Бензиновый, 4-тактный, рядный
Число цилиндров	4
Рабочий объем двигателя, л. (см. куб.)	1,6 (1598)
Мощность двигателя, кВт при об/мин	81 при 5600
Максимальный крутящий момент, Н·м при об/мин	152/4000
Коробка передач	
Тип коробки передач	Механическая, 5-ступенчатая, гидравлическая
Передаточные числа коробки передач прототипа	1-3,545; 2-2,238; 3-1,464; 4-0,967; 5-0,738
Передаточное число главной передачи	4,5
Колеса и шины	
Размер шин	Радиальные, бескамерные 185/65R15
Коэффициенты	
Коэффициент обтекаемости (C_x)	0,4

Продолжение таблицы 1

Параметр	Значение
Коэффициент сопротивления качению, f_0 – асфальт в хорошем состоянии – мокрый грунт – асфальт в удовлетворительном состоянии	0,011 0,1 0,0175
Минимальный удельный расход топлива, g_{\min} , г/кВтч	230
Плотность бензина, ρ_T , кг/м ³	0,750
Время реакции водителя, t_p , с; Время задержки t_3 , с; Время нарастания давления в системе, t_n , с; Время оттормаживания, $t_{от}$, с.	0,7 0,2 0,4 0,2

Далее предлагается провести расчет мощности двигателя, требуемой для достижения максимальной скорости.

2.1 Расчет потребной мощности двигателя

Автомобиль без нагрузки движется с максимальной скоростью по хорошей асфальтобетонной горизонтальной поверхности (P_{k1} , $N_{об1}$).

«Мощность двигателя зависит от касательной силы тяги на колесах и скорости движения автомобиля, может быть найдена по формуле:

$$N_{e1} = \frac{P_k \cdot v_{\max}}{1000 \cdot \eta_{mp}}, \quad (1)$$

где P_k – касательная сила тяги на движителе, необходимая для преодоления суммарной силы сопротивления движению, Н;

v – скорость движения АТС, м/с;

η_{mp} – КПД трансмиссии (0,95-0,97 для легкового автомобиля, для расчетов выберем среднее значение КПД 0,95)» [23].

«Касательная сила тяги находится из уравнения тягового баланса:

$$P_k = P_f + P_h + P_j + P_w + P_{кр}, \quad (2)$$

где P_f – сила сопротивления качению;

f_0 – коэффициент сопротивления качению

P_h – сила сопротивления подъему с углом α :

P_ψ – сила суммарного дорожного сопротивления, определяется как сумма сил сопротивления качению и подъему:

P_j – сила инерции поступательно движущихся масс или сопротивление разгону;

P_w – сила сопротивления воздушной среды;

$P_{кр}$ – сила сопротивления от буксирования прицепа» [23].

$$P_f = (m_{ch} + m_{год}) \cdot g \cdot f \cdot \cos \alpha \quad (3)$$

$$P_f = (1165 + 75) \cdot 9,81 \cdot 0,0227 \cdot \cos 0^\circ = 276,132 \text{ Н.}$$

$$f = f_0 \cdot \left(1 + (0,0216v)^2\right), \quad (4)$$

$$f = 0,011 \cdot \left(1 + (0,0216 \cdot 44,4)^2\right) = 0,0211.$$

$$P_h = (m_{ch} + m_{год}) \cdot g \cdot \sin \alpha, \quad (5)$$

$$P_h = 1240 \cdot 9,81 \cdot \sin 0^\circ = 0 \text{ Н.}$$

$$P_\psi = (m_{ch} + m_{год}) \cdot g (f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha) = P_f + P_h, \quad (6)$$

$$P_\psi = 276,132 + 0 = 276,132 \text{ Н.}$$

$$P_j = (m_{ch} + m_{год}) \cdot j_a \cdot \delta_{nm},$$

где j_a – ускорение автомобиля;

δ_{nm} – коэффициент приведенной массы;

Так как ускорение равно 0, то сила инерция также равно 0.

$$P_w = k_w \cdot A_x \cdot v^2 \quad (7)$$

$$P_w = 0,245 \cdot 2,138 \cdot 47,7^2 = 1191,81 \text{ Н}$$

$$k_w = 0,5 \cdot c_x \cdot \rho_{воз} \quad (8)$$

где k_w – коэффициент сопротивления воздуха.

c_x – коэффициент обтекаемости (по таблице 1 равен 0,4);

$\rho_{\text{воз}}$ – плотность воздуха, принимается равной 1,225 кг/м³;

A_l – площадь Миделя.

$$A_l = \alpha_l \cdot B_{\text{max}} \cdot H_{\text{max}}, \quad (9)$$

где α_l – коэффициент заполнения площади, принимается равным 0,79;

$B_{\text{max}}, H_{\text{max}}$ – наибольшие ширина и высота автомобиля соответственно (по таблице 1 1,746 м и 1,55 м).

$$A_l = 0,79 \cdot 1,746 \cdot 1,55 = 2,138 \text{ м}^2.$$

$$k_w = 0,5 \cdot 0,4 \cdot 1,225 = 0,245.$$

$$G_{\text{сц}} = m_{\text{сц}} \cdot g, \quad (10)$$

$$G_{\text{сц}} = 810 \cdot 9,81 = 7946,1 \text{ Н.}$$

$$P_{\varphi} = G_{\text{сц}} \cdot \varphi, \quad (11)$$

$$P_{\varphi} = 7946,1 \cdot 0,75 = 5959,575 \text{ Н.}$$

$$P_{k1} = 276,13 + 0 + 0 + 1191,81 + 0 = 1467,94 \text{ Н.}$$

$$N_{el} = \frac{1467,94 \cdot 47,7}{1000 \cdot 0,95} = 73,7 \text{ кВт.}$$

Автотранспортные средства, выполняя свое назначение – совершение транспортной работы, эксплуатируются в широком диапазоне дорожных условий. Следовательно, требуемая сила тяги на ведущих колесах, так же изменяется в широких пределах. Полученная в расчетах максимальная требуемая мощность – 73,7 кВт. Двигатель Н4М, применяемый на автомобиле Renault Sandero Stepway, имеет мощность 81 кВт, что соответствует полученной мощности с небольшим запасом. Используем его мощность при дальнейших расчетах.

2.2 Выбор двигателя и его характеристики

Для построения дальнейших характеристик необходимо использовать внешнескоростную характеристику двигателя.

«Для построения кривой мощности воспользуемся следующими формулами:

Мощность двигателя определяется по формуле:

$$N_e = N_{e_{\max}} \cdot \left[a \cdot \left(\frac{n_p}{n_N} \right) + b \cdot \left(\frac{n_p}{n_N} \right)^2 + c \cdot \left(\frac{n_p}{n_N} \right)^3 \right], \quad (12)$$

где n_p – расчетная частота вращения;

n_N – частота вращения при максимальной мощности;

a, b, c – коэффициенты» [23].

«Приведённые выше значения коэффициентов a, b и c входящих в формулу Лейдермана, не являются обязательными. Эти значения дают достаточно хорошее совпадение формы расчётной внешней скоростной характеристики с экспериментальной для многих существующих двигателей, но не для всех.

Зная величину k_M , значения коэффициентов, входящих в формулу Лейдермана, можно рассчитать, используя следующие выражения:

$$a = \frac{k_M \cdot k_\omega \cdot (2 - k_\omega) - 1}{k_\omega \cdot (2 - k_\omega) - 1}, \quad (13)$$

где k_ω – коэффициент приспособляемости по частоте вращения.

$$k_\omega = \frac{n_N}{n_M}, \quad (14)$$

где n_N – частота вращения при максимальной мощности;

n_M – частота вращения при максимальном моменте;

k_M – коэффициент приспособляемости по моменту.

$$k_\omega = \frac{5600}{3800} = 1,474.$$

$$k_M = \frac{M_e}{M_N}, \quad (15)$$

где M_e – максимальный момент двигателя;

M_N – момент при максимальной мощности» [23].

$$M_N = 9554 \cdot \frac{N_e}{n_N}, \quad (16)$$

$$M_N = 9554 \cdot \frac{81}{5600} = 138,192 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$k_M = \frac{153}{138,192} = 1,107.$$

$$a = \frac{1,107 \cdot 1,474 \cdot (2 - 1,474) - 1}{1,474 \cdot (2 - 1,474) - 1} = 0,630;$$

$$b = -\frac{2 \cdot k_\omega \cdot (k_M - 1)}{k_\omega \cdot (2 - k_\omega) - 1}, \quad (17)$$

$$b = -\frac{2 \cdot 1,474 \cdot (1,107 - 1)}{1,474 \cdot (2 - 1,474) - 1} = 1,407;$$

$$c = \frac{k_\omega^2 \cdot (k_M - 1)}{k_\omega \cdot (2 - k_\omega) - 1}, \quad (18)$$

$$c = \frac{1,474^2 \cdot (1,107 - 1)}{1,474 \cdot (2 - 1,474) - 1} = -1,037.$$

Крутящий момент двигателя:

$$M_e = M_p \cdot \left[a + b \cdot \left(\frac{n_p}{n_N} \right) + c \cdot \left(\frac{n_p}{n_N} \right)^2 \right]. \quad (19)$$

«Удельный расход топлива:

$$q_e = q_N \cdot k_H \cdot k_e, \quad (20)$$

где q_N – удельный расход топлива при максимальной мощности.

$$q_N = (1,05 \dots 1,1) \cdot q_{\min} \quad (21)$$

где q_{\min} – минимальный удельный расход топлива (для бензиновых двигателей с впрыском топлива 220...250 г/кВт·ч), для расчетов берем 225 г/кВт·ч;

k_H – коэффициент, учитывающий зависимость q_e от уровня нагрузки двигателя (принимается равным 1);

k_e – коэффициент, учитывающий зависимость q_e от скоростного режима двигателя.

$$k_e = 1,25 - 0,99 \cdot E + 0,98 \cdot E^2 - 0,24 \cdot E^3, \quad (22)$$

где E – коэффициент использования угловой скорости вала двигателя» [23].

$$E = \frac{n_i}{n_N}, \quad (23)$$

$$E = \frac{800}{5600} = 0,1428,$$

$$q_N = 1,08 \cdot 225 = 243 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч}.$$

Часовой расход топлива можно найти по формуле:

$$G_T = \frac{(q_e \cdot N_e)}{1000}, \quad (24)$$

$$G_T = \frac{274,073 \cdot 9,372}{1000} = 2,569 \text{ кг/ч}.$$

Используя вышеперечисленные формулы, произведем расчет мощности, момента, удельного и часового расхода топлива при разных частотах вращения и внесем полученные данные в таблицу 4.

Таблица 4 – Значения основных величин внешней скоростной характеристики

n , об/мин	N_e , кВт	g_e , г/кВт·ч	G_T , кг/ч	M_e , Н·м
800	9,372	274,073	2,569	111,930
1100	13,787	265,242	3,657	119,746
1400	18,572	257,580	4,784	126,739
1700	23,649	251,034	5,937	132,909
2000	28,942	245,550	7,107	138,255
2300	34,372	241,075	8,286	142,779
2600	39,862	237,554	9,469	146,478
2900	45,335	234,933	10,651	149,355
3200	50,712	233,160	11,824	151,408
3500	55,917	232,179	12,983	152,637
3800	60,871	231,937	14,118	153,044
4100	65,498	232,381	15,221	152,627
4400	69,719	233,457	16,277	151,387
4700	73,458	235,111	17,271	149,323
5000	76,636	237,288	18,185	146,436
5300	79,176	239,936	18,997	142,726
5600	81,000	243,000	19,683	138,192
5900	80,560	246,427	20,215	132,835
6200	79,360	250,162	20,482	126,655

Далее предлагается определить передаточных чисел трансмиссии легкового автомобиля.

2.3 Определение передаточных чисел трансмиссии

Расчёт радиуса качения колеса.

На данном автомобиле используются шины размерами 185/65R15.

Найдем высоту профиля шины (H):

$$H = B \cdot 0,65, \quad (25)$$

$$H = 185 \cdot 0,65 = 120,25 \text{ мм}.$$

Статический радиус колеса:

$$r_{cm} = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H, \quad (26)$$

где λ_z – коэффициент вертикальной деформации, зависящий от типа шин: для тороидных шин (шины стандартного профиля), для расчетов возьмем среднее значение коэффициента вертикальной деформации 0,86.

$$r_{cm} = 0,5 \cdot 0,381 + 0,86 \cdot 0,12025 = 0,294 \text{ м.}$$

Динамический радиус колеса:

$$r_o = r_{cm} = 0,294 \text{ м.}$$

Радиус качения колеса:

$$r_k = (1,02 \dots 1,04) \cdot r_{cm}, \quad (27)$$

$$r_k = 1,04 \cdot 0,294 = 0,306 \text{ м.}$$

В трансмиссию автомобиля Renault Sandero Stepway входит коробка передач и главная передача:

$$u_{тр.в.} = u_{в.кп.} \cdot u_{в.ркп} \cdot u_0, \quad (28)$$

где $u_{в.ркп}$ – передаточное число высшей передачи в раздаточной коробке

передач принимают равным 1;

$u_{в.кп.}$ – передаточное число высшей ступени коробки передач равно 0,892.

$$u_0 = \frac{\pi \cdot n_N \cdot r_k}{30 \cdot u_{\text{в.кп}} \cdot v_{k \text{ max}}}, \quad (29)$$

$$u_0 = \frac{3,14 \cdot 6200 \cdot 0,306}{30 \cdot 0,738 \cdot 52,77} = 5,087521,$$

$$u_{\text{мр.в.}} = u_{\text{в.кп.}} \cdot u_{\text{в.пкп}} \cdot u_0, \quad (30)$$

$$v_{k \text{ max}} = \frac{\pi n_N r_k}{30 \cdot u_{\text{мр.в.}}},$$

$$v_{k \text{ max}} = \frac{3,14 \cdot 6200 \cdot 0,306}{30 \cdot 3,754590} = 52,9 \text{ м/с.}$$

Формула для определения количества ступеней коробки передач:

$$n_{\text{к.п.}} = 1 + \frac{\ln D_{\text{кп}}}{\ln q}, \quad (31)$$

где q – принимается равным в диапазоне от 1,4 до 1,55, возьмем среднее значение 1,475;

$$n_{\text{к.п.}} = 1 + \frac{1,39674}{0,38866} = 4,594.$$

Примем $n_{\text{к.п.}} = 5$.

Далее уточняем значение $q_{\text{ср}}$:

$$q_{\text{ср}} = \sqrt[n_{\text{кп}}]{D_{\text{кп}}}, \quad (32)$$

$$q_{\text{ср}} = \sqrt[4]{4,042004} = 1,41791.$$

Передаточные числа промежуточных ступеней коробки передач вычисляются по формуле:

$$u_{\text{кп}i} = u_{\text{кп}i+1} \cdot q_{\text{ср}} \quad (33)$$

$$u_{кп1} = 2,98299, \quad (34)$$

$$u_{кп2} = \frac{u_{кп1}}{q_{cp}}, \quad (35)$$

$$u_{кп2} = \frac{2,98299}{1,41791} = 2,10379,$$

$$u_{кп3} = \frac{u_{кп2}}{q_{cp}}, \quad (36)$$

$$u_{кп3} = \frac{2,10379}{1,41791} = 1,48372,$$

$$u_{кп4} = \frac{u_{кп3}}{q_{cp}}, \quad (37)$$

$$u_{кп4} = \frac{1,48372}{1,41791} = 1,04641,$$

$$u_{кп5} = \frac{u_{кп4}}{q_{cp}}, \quad (38)$$

$$u_{кп5} = \frac{1,04641}{1,41791} = 0,738.$$

Внесем полученные данные в таблицу 5.

Таблица 5 – Передаточные числа КПП

Передаточное число КПП					
u_0	$u_{кп.1}$	$u_{кп.2}$	$u_{кп.3}$	$u_{кп.4}$	$u_{кп.5}$
5,088	2,983	2,104	1,484	1,046	0,738

Далее предлагается рассчитать динамический фактор легкового автомобиля для последующего построения динамической характеристики.

2.4 Построение динамической характеристики

«Величина D зависит от конструктивных параметров автомобиля и режима его движения, вычисляется по формуле:

$$D = \frac{M_e \cdot \eta_{mp} \cdot u_{mp} - k_w A_l v_a^2}{r_k m_a g}. \quad (39)$$

Из этой формулы видно, динамический фактор представляет собой отношение свободной силы тяги на колесах к весу ТС» [23].

Внесем полученные данные в таблицу 6.

Таблица 6 – Данные тягово-динамической характеристики автомобиля

n , об/мин	M_e , Н·м	v_a , км/ч	P_k , Н	P_w , Н	P_a , Н	D_a
1 передача						
800	111,930	6,081	5329,100	1,495	5327,605	0,348
1100	119,746	8,362	5701,247	2,826	5698,421	0,372
1400	126,739	10,642	6034,194	4,578	6029,616	0,394
1700	132,909	12,923	6327,941	6,750	6321,191	0,413
2000	138,256	15,203	6582,488	9,342	6573,146	0,430
2300	142,779	17,484	6797,836	12,355	6785,481	0,443
2600	146,478	19,764	6973,983	15,788	6958,195	0,455
2900	149,355	22,045	7110,931	19,641	7091,290	0,463
3200	151,408	24,325	7208,679	23,915	7184,764	0,469
3500	152,637	26,606	7267,227	28,610	7238,617	0,473
3800	153,044	28,886	7286,575	33,725	7252,851	0,474
4100	152,627	31,167	7266,724	39,260	7227,464	0,472
4400	151,387	33,447	7207,672	45,215	7162,457	0,468
4700	149,323	35,728	7109,421	51,591	7057,830	0,461
5000	146,436	38,008	6971,969	58,387	6913,582	0,452
5300	142,726	40,288	6795,318	65,604	6729,714	0,440
5600	138,192	42,569	6579,467	73,241	6506,226	0,425
5900	132,835	44,849	6324,416	81,298	6243,118	0,408
6200	126,655	47,130	6030,166	89,776	5940,389	0,388
2 передача						
800	111,930	8,623	3758,413	3,005	3755,407	0,245
1100	119,746	11,856	4020,874	5,681	4015,192	0,262
1400	126,739	15,090	4255,689	9,203	4246,486	0,277
1700	132,909	18,323	4462,857	13,570	4449,288	0,291
2000	138,256	21,557	4642,380	18,782	4623,598	0,302
2300	142,779	24,790	4794,256	24,839	4769,417	0,312
2600	146,478	28,024	4918,487	31,741	4886,745	0,319
2900	149,355	31,257	5015,071	39,489	4975,582	0,325
3200	151,408	34,491	5084,009	48,081	5035,927	0,329
3500	152,637	37,724	5125,300	57,519	5071,144	0,331
3800	153,044	40,958	5138,946	67,802	5067,781	0,331
4100	152,627	44,191	5124,945	78,931	5046,015	0,330
4400	151,387	47,425	5083,298	90,904	4992,394	0,326
4700	149,323	50,658	5014,005	103,723	4910,283	0,321

Продолжение таблицы 6

n , об/мин	M_e , Н·м	v_a , км/ч	P_k , Н	P_w , Н	P_a , Н	D_a
5000	146,436	53,892	4917,066	117,386	4799,680	0,314
5300	142,726	57,126	4792,481	131,895	4660,586	0,305
5600	138,192	60,359	4640,249	147,249	4493,000	0,294
5900	132,835	63,593	4460,372	163,449	4296,923	0,281
6200	126,655	66,826	4252,848	180,493	4072,355	0,266
3 передача						
800	111,930	12,226	2650,660	6,042	2644,618	0,173
1100	119,746	16,811	2835,763	11,423	2824,341	0,185
1400	126,739	21,396	3001,369	18,503	2982,866	0,195
1700	132,909	25,981	3147,477	27,282	3120,195	0,204
2000	138,256	30,566	3274,087	37,761	3236,327	0,211
2300	142,779	35,151	3381,200	49,938	3331,261	0,218
600	146,478	39,735	3468,814	63,815	3404,999	0,222
2900	149,355	44,320	3536,931	79,392	3457,540	0,226
3200	151,408	48,905	3585,551	96,667	3488,884	0,228
3500	152,637	53,490	3614,672	115,642	3499,030	0,229
3800	153,044	58,075	3624,296	136,316	3487,980	0,228
4100	152,627	62,660	3614,421	158,689	3455,733	0,226
4400	151,387	67,245	3585,050	182,761	3402,289	0,222
4700	149,323	71,829	3536,180	208,533	3327,647	0,217
5000	146,436	76,414	3467,813	236,003	3231,809	0,211
5300	142,726	80,999	3379,947	265,173	3114,774	0,204
5600	138,192	85,584	3272,585	296,043	2976,542	0,194
5900	132,835	90,169	3145,724	328,611	2817,113	0,184
6200	126,655	94,754	2999,366	362,879	2636,487	0,172
4 передача						
2000	138,256	43,340	2309,086	75,917	2233,170	0,146
2300	142,779	49,841	2384,629	100,400	2284,229	0,149
2600	146,478	56,341	2446,420	128,300	2318,120	0,151
2900	149,355	62,842	2494,460	159,615	2334,845	0,153
3200	151,408	69,343	2528,749	194,347	2334,402	0,153
3500	152,637	75,844	2549,287	232,495	2316,792	0,151
3800	153,044	82,345	2556,075	274,060	2282,015	0,149
4100	152,627	88,846	2549,111	319,041	2230,070	0,146
4400	151,387	95,347	2528,396	367,438	2160,958	0,141
4700	149,323	101,848	2493,930	419,251	2074,679	0,136
5000	146,436	108,349	2445,713	474,480	1971,233	0,129
5300	142,726	114,850	2383,745	533,126	1850,619	0,121
5600	138,192	121,351	2308,027	595,188	1712,839	0,112
5900	132,835	127,852	2218,557	660,666	1557,890	0,102
6200	126,655	134,353	2115,336	729,561	1385,775	0,091
5 передача						
800	111,930	24,580	1318,434	24,420	1294,014	0,085
1100	119,746	33,798	1410,504	46,169	1364,335	0,089
1400	126,739	43,016	1492,876	74,787	1418,089	0,093
1700	132,909	52,234	1565,550	110,273	1455,278	0,095
2000	138,256	61,451	1628,526	152,626	1475,900	0,096

Продолжение таблицы 6

n , об/мин	M_e , Н·м	v_a , км/ч	P_k , Н	P_w , Н	P_a , Н	D_a
2300	142,779	70,669	1681,803	201,848	1479,955	0,097
2600	146,478	79,887	1725,383	257,938	1467,445	0,096
2900	149,355	89,104	1759,264	320,897	1438,367	0,094
3200	151,408	98,322	1783,447	390,723	1392,724	0,091
3500	152,637	107,540	1797,932	467,418	1330,514	0,087
3800	153,044	116,757	1802,719	550,981	1251,738	0,082
4100	152,627	125,975	1797,808	641,412	1156,396	0,076
4400	151,387	135,193	1783,198	738,711	1044,487	0,068
4700	149,323	144,410	1758,890	842,878	916,012	0,060
5000	146,436	153,628	1724,885	953,914	770,971	0,050
5300	142,726	162,846	1681,181	1071,818	609,363	0,040
5600	138,192	172,063	1627,778	1196,590	431,189	0,028
5900	132,835	181,281	1564,678	1328,230	236,448	0,015
6200	126,655	190,499	1491,880	1466,738	25,142	0,002

Далее предлагается рассчитать и построить график ускорения легкового автомобиля на различных передачах.

2.5 Построение характеристики ускорений

«Максимально-возможное ускорение, исходя из уравнения движения автомобиля, может быть найдено по формуле:

$$j = \frac{D - \psi}{\delta_{nm}} \cdot g, \quad (40)$$

где δ_{nm} – коэффициент учета вращающихся масс.

$$\delta = 1 + \left(\delta_1 + \delta_2 u_{к.н.}^2 \right) \cdot \frac{m_a + m_{np}}{m_a} \quad (41)$$

где ψ – суммарный коэффициент дорожных сопротивлений, принимаем равным 0,01» [23].

Рассчитаем значение коэффициента на I -ой передаче:

$$\delta_I = 1 + (0,04 + 0,05 \cdot 2,98299^2) = 1,48491.$$

Остальные значения коэффициента на других передачах рассчитываем аналогично.

$$\delta_{II} = 1 + (0,04 + 0,05 \cdot 2,10379^2) = 1,26129,$$

$$\delta_{III} = 1 + (0,04 + 0,05 \cdot 1,48372^2) = 1,15007,$$

$$\delta_{IV} = 1 + (0,04 + 0,05 \cdot 1,04641^2) = 1,09474,$$

$$\delta_V = 1 + (0,04 + 0,05 \cdot 0,738^2) = 1,06723.$$

$$j = \frac{D - \psi}{\delta_{nm}} \cdot g,$$

$$j = \frac{0,473931 - 0,01}{1,48491} \cdot 9,81 = 3,06494 \text{ м/с}^2.$$

Кроме того, максимальное ускорение ограничивается условиями сцепления колес с дорогой:

$$j_\varphi = \left(D_\varphi - \sin \alpha - \frac{P_{a \text{ пас}}}{G_a} \right) \cdot g, \quad (42)$$

где α – уклон, град.;

D_φ – динамический фактор по сцеплению равный отношения свободной сцепной силы на колесах к весу автомобиля;

$P_{a \text{ пас}}$ – сила сопротивления качению пассивных колес.

$$j_\varphi = \left(0,32788 - \sin 0^\circ - \frac{51,1776}{15303,6} \right) \cdot 9,81 = 3,18374 \text{ м/с}^2.$$

$$D_\varphi = \frac{P_\varphi}{G_a} = \frac{\varphi \cdot G_{cy}}{G_a}, \quad (43)$$

$$D_\varphi = \frac{5017,815}{15303,6} = 0,32788.$$

$$P_{a\text{нас}} = f \cdot G_{\text{нас кол}}, \quad (44)$$

$$P_{a\text{нас}} = 0,007006 \cdot 9260,64 = 64,880 \text{ Н.}$$

$$f = f_0 \cdot \left(1 + (0,0216v)^2\right), \quad (45)$$

$$f = 0,007 \cdot \left(1 + \left(0,0216 \cdot \frac{4,891}{3,6}\right)^2\right) = 0,007006.$$

Внесем полученные данные в таблицу 7.

Таблица 7 – Характеристика ускорений

п, об/мин	M_e , Н·м	v_a , км/ч	j_φ , м/с ²	D_a	j_a , м/с ²
1 передача					
800	111,930	6,081	3,184	0,348	2,234
1100	119,746	8,362	3,182	0,372	2,394
1400	126,739	10,642	3,180	0,394	2,537
1700	132,909	12,923	3,177	0,413	2,663
2000	138,256	15,203	3,174	0,430	2,772
2300	142,779	17,484	3,170	0,443	2,863
2600	146,478	19,764	3,166	0,455	2,938
2900	149,355	22,045	3,161	0,463	2,995
3200	151,408	24,325	3,155	0,469	3,036
3500	152,637	26,606	3,149	0,473	3,059
3800	153,044	28,886	3,143	0,474	3,065
4100	152,627	31,167	3,136	0,472	3,054
4400	151,387	33,447	3,128	0,468	3,026
4700	149,323	35,728	3,120	0,461	2,981
5000	146,436	38,008	3,111	0,452	2,918
5300	142,726	40,288	3,102	0,440	2,839
5600	138,192	42,569	3,092	0,425	2,743
5900	132,835	44,849	3,082	0,408	2,629
6200	126,655	47,130	3,071	0,388	2,498
2 передача					
800	111,930	8,623	3,182	0,245	1,831
1100	119,746	11,856	3,178	0,262	1,963
1400	126,739	15,090	3,174	0,277	2,080
1700	132,909	18,323	3,168	0,291	2,183
2000	138,256	21,557	3,162	0,302	2,272
2300	142,779	24,790	3,154	0,312	2,346
2600	146,478	28,024	3,145	0,319	2,406
2900	149,355	31,257	3,135	0,325	2,451
3200	151,408	34,491	3,124	0,329	2,482
3500	152,637	37,724	3,112	0,331	2,498
3800	153,044	40,958	3,099	0,331	2,500
4100	152,627	44,191	3,085	0,330	2,487

Продолжение таблицы 7

п, об/мин	M_e , Н·м	v_a , км/ч	j_φ , м/с ²	D_a	j_a , м/с ²
4400	151,387	47,425	3,070	0,326	2,460
4700	149,323	50,658	3,053	0,321	2,418
5000	146,436	53,892	3,036	0,314	2,362
5300	142,726	57,126	3,018	0,305	2,291
5600	138,192	60,359	2,998	0,294	2,206
5900	132,835	63,593	2,977	0,281	2,106
6200	126,655	66,826	2,956	0,266	1,992
3 передача					
800	111,930	12,226	3,178	0,173	1,389
1100	119,746	16,811	3,171	0,185	1,489
1400	126,739	21,396	3,162	0,195	1,577
1700	132,909	25,981	3,151	0,204	1,654
2000	138,256	30,566	3,138	0,211	1,719
2300	142,779	35,151	3,122	0,218	1,771
2600	146,478	39,735	3,104	0,222	1,813
2900	149,355	44,320	3,084	0,226	1,842
3200	151,408	48,905	3,062	0,228	1,859
3500	152,637	53,490	3,038	0,229	1,865
3800	153,044	58,075	3,012	0,228	1,859
4100	152,627	62,660	2,983	0,226	1,841
4400	151,387	67,245	2,953	0,222	1,811
4700	149,323	71,829	2,920	0,217	1,769
5000	146,436	76,414	2,885	0,211	1,716
5300	142,726	80,999	2,848	0,204	1,651
5600	138,192	85,584	2,808	0,194	1,574
5900	132,835	90,169	2,767	0,184	1,485
6200	126,655	94,754	2,723	0,172	1,384
4 передача					
800	111,930	17,336	3,170	0,121	0,998
1100	119,746	23,837	3,156	0,129	1,068
1400	126,739	30,338	3,138	0,136	1,128
1700	132,909	36,839	3,116	0,141	1,178
2000	138,256	43,340	3,089	0,146	1,218
2300	142,779	49,841	3,058	0,149	1,248
2600	146,478	56,341	3,022	0,151	1,268
2900	149,355	62,842	2,982	0,153	1,278
3200	151,408	69,343	2,938	0,153	1,277
3500	152,637	75,844	2,889	0,151	1,267
3800	153,044	82,345	2,836	0,149	1,247
4100	152,627	88,846	2,779	0,146	1,216
4400	151,387	95,347	2,717	0,141	1,176
4700	149,323	101,848	2,651	0,136	1,125
5000	146,436	108,349	2,581	0,129	1,065
5300	142,726	114,850	2,506	0,121	0,994
5600	138,192	121,351	2,427	0,112	0,913
5900	132,835	127,852	2,344	0,102	0,823

Продолжение таблицы 7

п, об/мин	M_e , Н·м	v_a , км/ч	j_φ , м/с ²	D_a	j_a , м/с ²
6200	126,655	134,353	2,256	0,091	0,722
5 передача					
800	111,930	24,580	3,155	0,085	0,685
1100	119,746	33,798	3,127	0,089	0,728
1400	126,739	43,016	3,090	0,093	0,760
1700	132,909	52,234	3,045	0,095	0,782
2000	138,256	61,451	2,991	0,096	0,795
2300	142,779	70,669	2,928	0,097	0,797
2600	146,478	79,887	2,857	0,096	0,789
2900	149,355	89,104	2,777	0,094	0,772
3200	151,408	98,322	2,688	0,091	0,745
3500	152,637	107,540	2,590	0,087	0,707
3800	153,044	116,757	2,484	0,082	0,660
4100	152,627	125,975	2,368	0,076	0,603
4400	151,387	135,193	2,244	0,068	0,535
4700	149,323	144,410	2,112	0,060	0,458
5000	146,436	153,628	1,970	0,050	0,371
5300	142,726	162,846	1,820	0,040	0,274
5600	138,192	172,063	1,661	0,028	0,167
5900	132,835	181,281	1,493	0,015	0,050
6200	126,655	190,499	1,317	0,002	0,016

Далее предлагается рассчитать и построить график разгона легкового автомобиля на различных передачах.

2.6 Построение характеристик разгона

«В качестве исходных данных для расчета используют данные из таблицы ускорений, рассчитанных ранее. Кривая ускорений для каждой передачи разбивается на несколько интервалов, и принимается допущение, что в каждом интервале движение происходит с постоянным ускорением:

$$j_{срi} = \frac{j_1 + j_2 + \dots + j_n}{n}. \quad (46)$$

Общее время разгона от скорости v_{min} до v_{max} равно сумме составляющих времени разгона t_i и суммарному времени, затраченному на переключения передач:

$$t_k = \sum_{i=1}^n t_i + t_n (n_{kn} - 1), \quad (47)$$

где n – количество интервалов изменения скорости;

t_n – время переключения передачи;

n_{kn} – количество ступеней в коробке передач, используемых при разгоне автомобиля» [23].

«Время t_n зависит от квалификации водителя, конструкции коробки передач и типа двигателя. Для механических коробок передач принимают t_n 1-2 с.

Время t_{π} для механических коробок примем равным 1,5с. За время переключения происходит падение скорости на время равное:

$$\Delta v_n = fgt_n. \quad (48)$$

Для получения характеристики разгона $s=f(t)$ необходимо определять приращения пути ΔS_i , проходимого автомобилем на всех интервалах изменения скорости» [23].

Полагают, что в каждом из этих интервалов автомобиль движется равномерно со средним ускорением определенным ранее:

$$\Delta S_i = v_{i-1} \Delta t_i + \frac{j_{cpi} \Delta t_i^2}{2}. \quad (49)$$

При этом путь, проходимый за время переключения передач будем определять как:

$$\Delta S_{ni} = \Delta v_n t_n. \quad (50)$$

Общий путь можно определить по формуле:

$$S = \sum_{i=1}^n \Delta S_i + \sum_{i=1}^{n-1} \Delta S_{mi}. \quad (51)$$

Внесем полученные данные в таблицу 8.

Таблица 8 – Данные времени и пути разгона

Диапазон скоростей, км/ч	Δv_i , м/с	$j_{срi}$, м/с ²	Δt_i , с	ΔS_i , м
1 передача				
От 0 до 34,548	8,24	2,368	3,479	19,058
2 передача				
От 34,548 до 50,319	4,38	2,077	2,109	24,864
3 передача				
От 50,319 до 73,291	4,91	1,599	3,072	50,481
4 передача				
От 73,291 до 106,749	4,34	1,079	4,026	84,794
5 передача				
От 106,749 до 176,081	25,68	0,557	46,096	1662,768

Далее предлагается рассчитать и построить график мощностного баланса легкового автомобиля на различных передачах.

2.7 Построение мощностного баланса

«Уравнение мощностного баланса:

$$N_e + N_{e.o.} + N_{mp} + N_f + N_h + N_w + N_j = 0. \quad (52)$$

Эффективная мощность двигателя:

$$N_e = M_e \cdot \frac{\pi \cdot n_d}{30}, \quad (53)$$

Мощность, затрачиваемая на привод вспомогательного оборудования, определяется по формуле:

$$N_{\text{в.о.}} = -k_{\text{в.о.}} \cdot N_e, \quad (54)$$

где $k_{\text{в.о.}}$ – коэффициент отбора мощности на привод вспомогательного оборудования 0,03-0,07, для расчетов возьмем 0,05» [23].

Мощность потерь на трение в трансмиссии:

$$N_{\text{мп}} = -N_e \cdot (1 - k_{\text{в.о.}}) \cdot (1 - \eta_{\text{мп}}), \quad (55)$$

Мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления качению:

$$N_f = -m_n \cdot g \cdot f \cdot \cos \alpha. \quad (56)$$

Мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления подъему:

$$N_h = -m_a \cdot g \cdot v \cdot \sin \alpha. \quad (57)$$

Мощность на преодоления сопротивления воздуха:

$$N_w = -k_w \cdot A_n \cdot v^3. \quad (58)$$

Мощность, затрачиваемая на разгон:

$$N_j = -\delta_{\text{н.м.}} \cdot m_a \cdot v \cdot j. \quad (59)$$

Полученные значения для разных оборотов заносим в таблицу 9.

Таблица 9 – Мощностной баланс

n_d , об/мин	M_e , Н·м	V , км/ч	j , м/с ²	N_e , кВт	$N_{в.о.}$, кВт	$N_{мп}$, кВт	N_f , кВт	N_{ψ} , кВт	N_w , кВт	N_j , кВт	N_d , кВт	N_k , кВт
800	104,692	22,010	0,587	8,766	-0,438	-0,333	-0,790	-0,790	-0,1356	-7,174	8,328	7,994
1080	113,111	29,713	0,633	12,786	-0,639	-0,485	-1,081	-1,081	-0,3335	-10,449	12,146	11,661
1640	127,637	45,120	0,703	21,910	-1,095	-0,832	-1,709	-1,709	-1,1679	-17,601	20,814	19,981
1920	133,745	52,824	0,725	26,878	-1,343	-1,021	-2,051	-2,051	-1,8740	-21,279	25,533	24,512
2480	143,649	68,231	0,741	37,288	-1,864	-1,416	-2,811	-2,811	-4,0384	-28,336	35,423	34,006
2760	147,446	75,934	0,748	42,595	-2,129	-1,618	-3,235	-3,235	-5,5665	-31,517	40,465	38,846
3320	152,728	91,341	0,723	53,073	-2,653	-2,016	-4,191	-4,191	-9,6888	-36,682	50,419	48,402
3600	154,214	99,045	0,699	58,109	-2,905	-2,208	-4,729	-4,729	-12,352	-38,467	55,203	52,995
4160	154,874	114,45	0,628	67,435	-3,371	-2,562	-5,943	-5,943	-19,060	-39,940	64,063	61,501
4440	154,049	122,15	0,581	71,591	-3,579	-2,720	-6,626	-6,626	-23,174	-39,430	68,011	65,290
5000	150,087	137,56	0,463	78,547	-3,927	-2,984	-8,161	-8,161	-33,095	-35,413	74,619	71,634
5280	146,951	145,26	0,393	81,212	-4,060	-3,086	-9,020	-9,020	-38,972	-31,708	77,151	74,065
5840	138,367	160,67	0,228	84,578	-4,228	-3,214	-10,939	-10,93	-52,734	-20,402	80,349	77,135
6400	126,702	176,08	0,033	84,874	-4,243	-3,225	-13,149	-13,14	-69,405	-3,2390	80,630	77,405

Далее предлагается рассчитать и построить график топливной характеристики легкового автомобиля на различных передачах.

2.8 Построение топливной характеристики установившегося движения

«Для построения топливной характеристики, рассчитаем путевой расход в зависимости от режима работы двигателя:

$$Q_s = \frac{g_d \cdot N_{д.н.}}{36 \cdot v \cdot \rho_T}, \quad (60)$$

где g_d – удельный расход топлива, зависящий от нагрузки двигателя и скоростного режима;

ρ_T – плотность топлива.

$$Q_s = \frac{651,58 \cdot 0,945}{36 \cdot 4,891 \cdot 0,750} = 33,68 \text{ л/100 км,}$$

$$g_{eP} = (1,05 \div 1,15) \cdot g_{e\min}, \quad (61)$$

$$g_{eP} = 1,05 \cdot 220 = 231 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч},$$

$$g_o = g_{eP} \cdot k_{II} \cdot k_E, \quad (62)$$

где k_{II} – коэффициент использования мощности;

k_E – коэффициент учитывающий скоростной режим работы двигателя» [23].

$$g_o = 231 \cdot 2,49 \cdot 1,13 = 651,58 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч}.$$

Для выбранного режима эксплуатации рассчитывается удельная нагрузка двигателя:

$$N_{\text{ог}} = N_{\text{е.о.}} + N_{\text{мп}} + N_f + N_h + N_w, \quad (63)$$

$$N_{\text{ог}} = 0,438 + 0,333 + 0,172 + 0 + 0,001 = 0,945 \text{ кВт}.$$

На основании полученных данных выполняем построение графиков в инженерном программном обеспечении КОМПАС-3D. Графики тягово-динамических характеристик представлены в Приложении А (рисунки А.1, А.2, А.3).

Выводы по разделу.

После выполнения тягово-динамического расчета автомобиля Renault Sandero Stepway можно сделать следующие выводы:

- определены основные характеристики автомобиля, такие как масса, мощность двигателя, коэффициент сопротивления движению, коэффициент аэродинамического сопротивления и так далее. Эти данные позволяют оценить общие технические характеристики автомобиля;
- рассчитаны тяговые характеристики автомобиля, такие как максимальная тяга, ускорение, максимальная скорость и так далее. Это позволяет оценить динамические возможности автомобиля и

его способность преодолевать различные препятствия, такие как подъемы, спуски, неровности дороги и так далее;

- определены оптимальные передаточные числа трансмиссии для достижения максимальной производительности автомобиля. Это позволяет оптимизировать работу трансмиссии и улучшить тягово-динамические характеристики автомобиля;
- проанализировано влияние различных факторов на тягово-динамические характеристики автомобиля, таких как изменение массы, мощности двигателя, типа трансмиссии и т.д. Это позволяет определить наиболее важные параметры для улучшения производительности автомобиля и определить направления для дальнейшей оптимизации конструкции;
- сравнение тягово-динамических характеристик автомобиля с аналогичными моделями на рынке позволяет определить его конкурентоспособность и выявить возможные преимущества и недостатки.

В целом, выполнение тягово-динамического расчета автомобиля позволяет получить ценную информацию о его производительности и динамических характеристиках, что важно для определения его конкурентоспособности на рынке и выявления возможных направлений для дальнейшей оптимизации конструкции.

3 Конструкторская часть

Подвеска Renault Sandero Stepway предназначена для обеспечения комфортного и безопасного движения автомобиля на различных дорогах. Она состоит из ряда элементов, которые взаимодействуют между собой для смягчения ударов и вибраций, возникающих в процессе движения.

Основные элементы подвески Renault Sandero Stepway:

- передняя подвеска: типа Макферсон, состоит из пружин, амортизаторов и стабилизатора поперечной устойчивости. Этот тип подвески обеспечивает хорошую управляемость автомобиля и позволяет снизить вес конструкции;
- задняя подвеска: полуторная разрезная торсионная балка с продольными рычагами и амортизаторами. Это надежная и простая конструкция, которая обеспечивает хорошую устойчивость автомобиля на дороге и комфорт для пассажиров;
- амортизаторы: газонаполненные, предназначены для поглощения ударов и вибраций, возникающих при движении автомобиля по неровным дорогам. Они также улучшают управляемость и стабильность автомобиля;
- стабилизаторы поперечной устойчивости: устанавливаются на передней и задней подвеске, их задача – предотвращать крен автомобиля при прохождении поворотов, что обеспечивает лучшую управляемость и безопасность;
- рычаги подвески: соединяют колеса с кузовом автомобиля и передают на него нагрузку от колес. Они также участвуют в поглощении ударов и вибраций;
- втулки подвески: изготовлены из резины или полиуретана, устанавливаются на рычагах подвески и служат для снижения вибраций и шума, передаваемых на кузов автомобиля.

Как уже было сказано ранее в работе, к разработке предлагается

разработка задней независимой подвески МакФерсон. Рассмотрим подробнее ее историю и конструкцию.

3.1 Описание подвески

Подвеска МакФерсон – это тип подвески на автомобиль. Эту подвеску называют еще качающей свечей, подвеской МакФерсона. Этот тип подвески сменил подвеску на двойных рычагах расположенных поперечно, у которой амортизаторная стойка была основным элементом.

Своим названием подвеска обязана американскому инженеру Эрлу Стили МакФерсону, работавшему в фирме «Форд». Эрлу удалось разработать данный тип подвески во второй половине 40-ых годов. В то время Эрл являлся сотрудником GM и работал над проектом, который не вошел в серийное производство легкого, а главное для американского рынка дешевого автомобиля Chevrolet Cadet. Позже Эрлу удалось применить разработанную подвеску на серийном авто «Форд Ведет» 1948 г, которое выпустил французский филиал компании. В 1950 году подвеска уже использовалась на Ford Zephyr, а в 1951 году на Ford Consul. Эти модели авто можно причислить к крупносерийным автомобилям с подвеской MacPherson, потому что завод в Пуасси, выпустивший Vedette, сначала испытывал существенные трудности осваивая новую модель [10].

Существуют аналогичные «МакФерсону» подвески, которые разрабатывались до начала 20 века. Например, аналогичный тип подвески был разработан в середине 1920 годов. Этот тип подвески разработал инженер фирмы «Fiat» Guido Fornasa, даже считается, что Эрл воспользовался некоторыми его разработками.

Непосредственным предком подвески МакФерсон является вариант передней подвески на двух поперечных рычагах, длина которых неравная.

У такой подвески пружина с амортизатором в едином блоке располагалась в месте над верхним рычагом. Такая конструкция придавала

подвеске компактности, благодаря которой можно было пропустить между рычагами на переднеприводном автомобиле полуось с шарниром.

МакФерсон вместо блока амортизатора, пружины, расположенной над верхним рычагом с шаровой опорой и самого верхнего рычага поставил амортизаторную стойку, на которой имеется закрепленное на брызговике крыло поворотного шарнира. В результате получилась компактная, конструктивно простая и дешевая подвеска, названная именем разработчика. Через время подвеска МакФерсона начала ставиться на ряде моделей фирмы «Форд» европейского рынка.

В оригинале шаровой шарнир в такой подвеске находился на продолжении оси стойки амортизатора и получается, что ось амортизаторной стойки являлась осью поворота колеса. Позже шаровой шарнир (на автомобилях Volkswagen Passat и Audi 80 первых поколений) начали смещать к колесу наружу, благодаря чему значения плеча обкатки стали меньше, появились даже отрицательные значения.

Данный тип подвески стал популярен в 1970 годы, после того как удалось решить все технологические проблемы, в том числе и проблемы, связанные с массовым выпуском амортизаторных стоек с нужным ресурсом. Этот тип подвески имеет целый ряд недостатков, но благодаря своей дешевизне и технологичности широко использовался в автомобилестроении

С наступлением 1980 г подвеска МакФерсона начала использоваться повсеместно, даже на дорогих и больших автомобилях, таких как Mercedes-Benz W124, Audi 100, Opel Senator. Почти весь модельный ряд БМВ (вторая половина 1970-начало 1990 годов) тоже стал снабжаться новой подвеской. Но спустя время рост потребительских и технических качеств был приостановлен за ненадобностью, дорогие автомобили начали снова оснащать подвеской на двойных рычагах, расположенных поперечно (Ауди А6 и Ауди А4, новые модели БМВ, Мерседес-Бенц W210). В производстве такие подвески более дорогие, но у них параметры кинематики лучше, что повышает ездовой комфорт. Эрл разработал такую подвеску, которая

устанавливается на все колеса машины (задние и передние), именно так была использована подвеска в модели Chevrolet Cadet. Но первые серийные модели снабжались подвеской только на передние колеса, а задняя оставалась без изменения, то есть зависимой с ведущим жестким мостом, которая располагалась на продольных рессорах. Это делало подвеску дешевой и упрощенной.

В 1957 году Колин Чепмен инженер фирмы «Лотус» использовал подобную подвеску на модели «Лотус Элит», но уже для задних колес. Скорее всего, это и стало причиной того, что в англоязычных странах подвеска носит имя «Чепмена». В Германии, например, такой разницы нет, поэтому там используется сочетание «задняя подвеска MacPherson».

«Подвеска с позиции конструкции, характеризуется получившей упрощение кинематикой. Ее компактность связана с заменой верхних рычагов на амортизационные стойки. При проектировании подвески ставилась цель добиться компактности устройства, простоты конструкции и дешевизны при производстве, поэтому комфорт и управляемость отодвигались на второй план» [21].

«Изначально конструкция подвески вызвала определенные сомнения. Предполагалось, что в плоскости развала могут возникать недопустимые колебания колес. Эти опасения не подтвердились. Амплитуда колебаний соответствовала нормальным значениям. При этом износ резины стал более равномерный.

После запуска подвески в производство McPherson продолжил работу над своим «детищем», пытаясь добиться еще большего удешевление продукта. В этом он не преуспел, так как дешевые материалы не позволяли обеспечить соответствующие характеристики прочности подвески» [22].

Принцип работы и схема крепления подвески

Несущим элементом подвески является подрамник, который крепится резиновыми элементами с металлическими вставками. Такие элементы носят название сайлентблоки.

В конструкции резиновые элементы нужны для снижения лишнего шума и вибрации. На подрамнике также закреплены поперечные рычаги (левое и правое колеса). Каждый рычаг с подрамником соединяется резиновыми втулками в двух местах (рисунок 8).

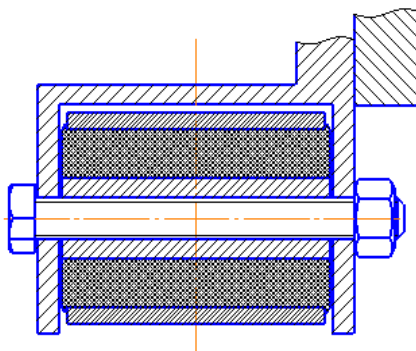
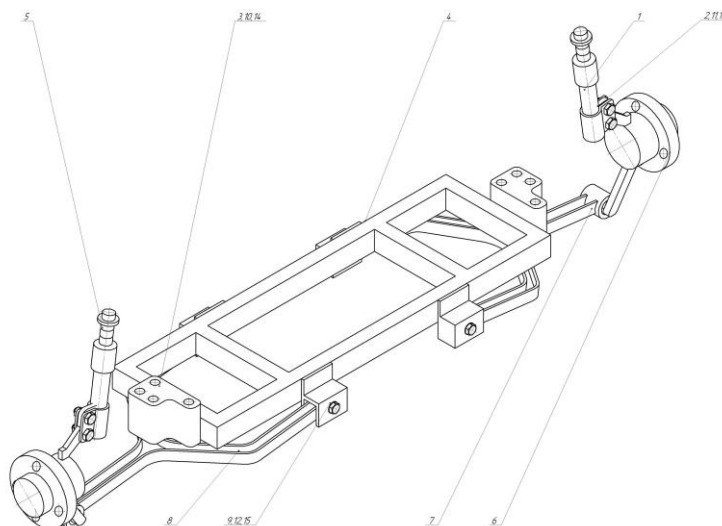


Рисунок 8 – Крепление нижнего рычага и подрамника

Двойное крепление подвески нового типа обеспечивает нужную жесткость в продольном направлении хода. К поворотному кулаку крепится через шаровую опору нижняя часть. Поворотный кулак в свою очередь крепится к рулевой тяге через шаровую опору. На амортизаторной стойке крепится поворотный кулак, точнее его верхняя часть, соединение при этом зажимное круглое. На практике это выглядит так: стойка, проходя в крепление, зажимается 2-мя болтами. У поворотного кулака есть система тормозов и подшипниковый узел (или ступица). Амортизаторная стойка соединяет между собой амортизатор и пружину. У амортизатора с пружиной одна ось, так как он проходит через нее. Пружина зафиксирована на стойке, у нее есть нижний предел (или буфер сжатия) – пластинка из металла, ограничивающая разжатие пружины. Расположена стойка между нижним и верхним креплением. Стойка сверху фиксируется к опорному подшипнику (обычно, бывает резиново-металлический подшипник), который в свою очередь фиксируется к кузову машины. Снизу стойка фиксируется к поворотному кулаку. У подвески МакФерсона имеются также боковые стойки стабилизатора, которые уменьшают боковые крены.

Конструкция задней независимой подвески Макферсон для автомобиля Renault Sandero Stepway представлена на рисунке 9.

Данный вид подвески часто называют «качающаяся свеча», подразумевая амортизационную стойку – основной конструктивный элемент. Кроме нее в состав подвески Макферсона входят: подрамник; поперечные рычаги; стабилизатор устойчивости. Каждый из перечисленных узлов выполняет свою четко обусловленную функцию. Спецификация на заднюю подвеску легкового автомобиля Renault Sandero Stepway представлена в Приложении Б (рисунки Б.1, Б.2).



- 1 – амортизатор; 2 – крепление амортизатора; 3 – кронштейн; 4 – подрамник;
5 – буфер сжатия; 6 – ступица; 7 – сайлентблок для крепления ступицы и нижнего рычага;
8 – нижний рычаг; 9 – сайлентблок для крепления нижнего рычага и подрамника;
10 – сайлентблок для крепления кронштейна и подрамника; 11 – болт М14×1,5; 11 – болт
М10×1,25; 12 – болт М12×1,5; 13,14,15 – гайки

Рисунок 9 – Общий вид задней независимой подвески

Подрамник.

Подрамник выполняет роль опорной основы всей системы подвески как на передней оси, так и на задней.

Подрамник крепится к кузову с помощью кронштейнов. Места установки кронштейнов к кузову совпадают с местами крепления задней балки.

«Подрамник выполняет сразу несколько функций. Прежде всего подрамник и опора подвесок, которая устанавливается в передней части машины, защищает силовой агрегат от ударов снизу.

Подрамник может устанавливаться на раму, а в безрамных автомобилях может устанавливаться отдельно, частично выполняя функции рамы. В некоторых автомобилях, может не оказаться ни рамы, ни подрамника, тогда усиливающими элементами конструкции будут выступать лонжероны.

Именно к подрамнику, а не к кузову, крепятся рычаги подвески, штанги стабилизатора поперечной устойчивости, опора двигателя и рулевого механизма. Кроме того подрамник соединяет между собой элементы подвески» [5].

С помощью подрамника улучшается устойчивость и управляемость автомобиля.

Нижние рычаги.

Нижние рычаги (рисунок 10) крепятся к подрамнику с помощью кронштейнов и придают всей конструкции жесткость.



Рисунок 10 – Нижний рычаг

С другого конца к каждому поперечному рычагу крепится ступица, которая соединяется через резинометаллический шарнир.

Стойка амортизатора.

«Амортизатор представляет собой деталь, предназначенную для смягчения резкого разжатия пружины и гашения её колебаний.

Стойкой же называют целый комплекс элементов, основными в котором являются пружина и амортизатор.

В задачи стойки входит не только повышение комфорта, но и поддержание управляемости на разных скоростях, а также самое главное – соединение кузова с колесными механизмами.

Чтобы всё вышесказанное было понятнее, рассмотрим более детально конструктив всей стойки. Итак, она состоит из следующих деталей:

- непосредственно сам амортизатор или, как его ещё называют в технической литературе – стойка телескопическая;
- пружина – ключевая деталь конструкции;
- шток амортизатора с кожухом;
- ушко крепления;
- опора стойки верхняя;
- упорная чашка пружины;
- подшипник опоры;
- различные крепёжные элементы.

Основными в этом семействе, как было сказано выше, пружина и амортизатор, которые работают в паре» [7].

О них мы расскажем подробнее.

Пружины (рисунок 11).

«Пружина благодаря своей упругости, в первую очередь воспринимает на себя все неровности дороги, коих в нашей стране немало. По сути, главным демпфирующим элементом, который не даёт нам почувствовать своей пятой точкой все прелести ухабов, является именно она.

Но у пружины есть один большой недостаток – после того как она сжалась, к примеру, после наезда на выбоину, она разжимается и продолжает колебаться вверх и вниз, пока вновь не войдет в состояние равновесия» [20].



Рисунок 11 – Пружина амортизатора

«Такие колебания вряд ли можно назвать комфортными, ведь они передаются на весь кузов. Кто ездил на автомобиле с неисправными амортизаторами знает, автомобиль раскачивается и становится практически неуправляемым.

Так вот тут в работу и вступает амортизатор. Он моментально и плавно гасит эти колебания пружины.

Это дарит не только приятные ощущения людям в машине, но и положительно отражается на устойчивости авто на дороге и его управляемости в целом» [23].

Амортизаторы.

«Конструкция этого элемента более сложная, чем у пружины. В самом простом виде он представляет собой цилиндр, заполненный газом или жидкостью, внутри которого ходит поршень.

Несколько слов об амортизаторах, а вернее об их разновидностях. Существуют такие типы:

- масляные,
- газовые,
- газомасляные.

Первый вид наиболее распространён в силу простоты конструкции. Масляные телескопические стойки отлично подходят для передвижения по городу и не сильно жёсткие.

Газовые амортизаторы, которые, по правде говоря, наполнены и маслом и газом, наиболее жёсткие из всей тройки и в первую очередь подходят для спортивных машин, которым требуется высокая стабильность в поворотах и на скоростях.

Последняя разновидность является чем-то средним по своим характеристикам между первыми и вторыми» [6].

Стабилизатор.

«При движении автомобиля в повороте или по змейке под действием центробежных сил происходит перераспределение нагрузки между упругими элементами подвесок: со стороны наружных колес по отношению к радиусу качения нагрузка повышается, а с внутренней – снижается. В результате автомобиль кренится или раскачивается в поперечной плоскости. Подобные явления очень опасны, так как способны вызвать опрокидывание автомобиля и потерю контроля над его управляемостью. А так как величина крена и степень раскачивания во многом зависят от хода подвески – чем больше ход, тем больше крены, то для исключения вышеописанных недостатков этот показатель необходимо уменьшать.

Достигнуть этого можно несколькими способами – путем увеличения жесткости упругих элементов, установления короткоходных амортизаторов и ограничителей хода рычагов или же внедрив в конструкцию узел, который в поворотах выполнял бы роль дополнительного упругого элемента. Первые два способа оказались наименее подходящими, так как значительно снижали

комфортность автомобиля – они применяются в основном в спортивных болидах и их прототипах. Поэтому в конструкции подвески использовали новый упругий элемент – стабилизатор поперечной устойчивости, работающий только в случаях перемещения колес одной оси в разных направлениях – одно вверх, другое вниз» [7].

«Конструктивно стабилизатор ничего сложного собой не представляет. Это штанга U-образной формы с изогнутыми под определенными углами концами. В современных автомобилях компактное расположение агрегатов и узлов не всегда позволяет сделать центральную часть штанги прямой, поэтому бывают и более сложные ее конфигурации. Изготавливают стабилизаторы из отрезка цилиндрического профиля. В качестве материала используют специальную сталь, которая при скручивании способна работать как упругий элемент.

Центральная часть стабилизатора крепится в двух точках параллельно оси колес к кузову или подрамнику кронштейнами с упругими демпферами (резиновыми втулками), а его концы соединяются непосредственно с «несущей» деталью подвески колес – рычагами, балкой, картером моста. Когда упругие элементы подвески с одной стороны сжимаются, а с другой – растягиваются, средняя часть стабилизатора скручивается, начиная работать как упругий элемент, по принципу торсионов.

То есть суть в том, что со стороны крена стабилизатор стремится приподнять автомобиль, а с другой, сжав упругий элемент подвески, – опустить его. Так обеспечивается выравнивание автомобиля по отношению к плоскости дороги. У некоторых переднеприводных автомобилей функцию стабилизатора на задней оси часто выполняет поперечная балка, жестко соединяющая продольные рычаги подвески задних колес» [21].

«При движении по неровностям, в поворотах, на змейке эта деталь работает на скручивание, поэтому такие подвески называют полунезависимыми. В отличие от них практически все многорычажные независимые подвески оснащены стабилизатором. Так как стабилизатор

работает только в плоскостях, приближенных к горизонтальной, это накладывает определенные сложности при компоновке автомобилей. Для их решения в подвески введены новые элементы – стойки стабилизатора, которые связывают рычаги подвески со стабилизатором в вертикальной плоскости» [15].

Плюсы и минусы подвески МакФерсона.

«Несмотря на массовое распространение этого вида независимой подвески, у нее имелись как преимущества, так и недостатки из-за которых, в частности, многие производители отказались от использования МакФерсон на своих моделях, и вернулись к усовершенствованным подвескам на двойных поперечных рычагах. Впрочем, благодаря преимуществам, которые в процессе разработки выделил сам Эрл МакФерсон, подобная конструкция подвески до сих пор самая массовая» [21].

«К плюсам этого вида подвески относится компактность, малая масса неподрессоренных элементов, относительная дешевизна изготовления. К тому же, за счет значительного расстояния между опорными узлами по высоте, такая подвеска лучше компенсирует силы реакции дороги, которые передаются от колес в места ее крепления к кузову. Также эта подвеска может производить большие конструктивные ходы, что тоже является положительным аспектом ее конструкции. Наконец, ее упорный подшипник кеня, нижний рычаг и шаровой шарнир обладают большим запасом итойкости.

Перейдем к недостаткам. Подвеска МакФерсон обладает большими ходами подвески, чем та же конструкция с двойными поперечными рычагами, а это негативно сказывается на управляемости автомобилем. Второй минус – передача сил реакции от дороги тут приходится на брызговик крыла, который является не самой надежной конструкцией. Поэтому постепенно при езде по дорогам низкого качества (характерно для России) начинается разрушение точек крепления амортизационных стоек к брызговику. Это в значительной мере снижает ресурс подвески. Третий

минус – неразборная конструкция современных амортизационных стоек. При их износе приходится заменять стойку в сборе. Если этого не сделать, подвеска будет регулярно пробиваться, что в конечном итоге скажется на нарушении геометрии кузова. Четвертый минус – ухудшение работы подвески из-за возникающего между штоком и направляющей трения. Пятый минус – низкий уровень изоляции от шумов, исходящих от дорожного покрытия» [13].

В данном подразделе описано устройство задней независимой подвески. Обосновано, что она обладает рядом преимуществ: компактностью, малой массой неподрессоренных частей и невысокими значениями реакций от дороги.

3.2 Расчет задней независимой подвески

Исходные данные взяты из технических характеристик [1, 2].

Расчёт будем производить исходя из максимальной массы автомобиля.

Данные взяты из технических характеристик автомобиля.

Исходные данные [1, 2]:

Максимальная масса, действующая на подвеску: $M = 1565$ кг.

Расстояние от переднего колеса до заднего: $L = 2,588$ м.

Расстояние от центра масс автомобиля до центра масс задней подвески:

$$l_2 = 1,25 \text{ м.}$$

Масса неподрессоренных частей: $M_{н.ч.} = 88$ кг.

Коэффициент сжатия: $K_e = 0,8$.

Коэффициент относительного сжатия: $K'_e = 0,72$.

Коэффициент отбоя: $K_o = 0,78$.

Коэффициент динамичности: $K_d = 0,4$.

Коэффициент апериодичности: $n = 0,2$.

Прогиб до вступления в работу буфера: $f = 0,8$.

Вес автомобиля: $G = 15650 \text{ Н}$.

Коэффициент динамичности амортизатора: $\beta = 6$.

Предел текучести материала: $\sigma_m = 400 \text{ МПа}$.

Коэффициент запаса: $n = 4$.

Длина рычага: $l_p = 0,52 \text{ м}$.

Коэффициент приведения длины: $\mu = 1$.

Индекс пружины : $\beta = 6$.

Касательные напряжения: $\tau = 750 \text{ МПа}$.

Выбор вертикальной упругой характеристики подвески

«Упругая характеристика подвески – это зависимость между вертикальной нагрузкой P и деформацией подвески f , измеренной непосредственно над осью колеса.

Собственная частота колебаний подрессоренных масс должна находиться в пределах, соответствующих колебаниям тела человека при спокойной ходьбе, то есть примерно $n=1,25$ кол./ч.

Тогда статический прогиб подвески равен:

$$f_{cm} = \frac{g}{4 \cdot \pi^2 \cdot n^2} \quad (64)$$

где n – собственная частота колебаний (кол/ч)» [17].

$$f_{cm} = \frac{9,81}{4 \cdot 3,141^2 \cdot 1,25^2} = 0,159 \text{ м.}$$

«Определяем статическую нагрузку:

$$P_{cm} = G_1 - G_{н.ч.}, \quad (65)$$

где G_1 – вес, приходящийся на заднюю ось при полной загрузке;

$G_{н.ч.}$ – вес неподрессоренных частей.

$$G_1 = M_1 \cdot g, \quad (66)$$

где M_1 – масса автомобиля, приходящаяся на заднюю подвеску.

$$M_1 = M \cdot \frac{l_2}{L}, \quad (67)$$

где M – масса, действующая на подвеску;

L – расстояние от переднего колеса до заднего;

l_2 – расстояние от центра масс автомобиля до центра масс задней подвески» [17].

$$M_1 = 1565 \cdot \frac{1,25}{2,588} = 755,89 \text{ кг.}$$

$$G_1 = 755,89 \cdot 9,81 = 7415,3 \text{ Н.}$$

$$G_{н.ч.} = M_{н.ч.} \cdot g, \quad (68)$$

где $M_{н.ч.}$ – масса неподрессоренных частей.

$$G_{н.ч.} = 88 \cdot 9,81 = 873 \text{ Н,}$$

$$P_{см} = 7415,3 - 873 = 6542,3 \text{ Н.}$$

«Динамический ход колеса вверх от хода сжатия:

$$f_{\text{ов}} = K_e f_{\text{см}}, \quad (69)$$

где $f_{\text{ов}}$ – динамический ход колес вверх от хода сжатия (м);

$f_{\text{см}}$ – статический прогиб подвески (м);

K_e – коэффициент сжатия» [17].

$$f_{\text{ов}} = 0,8 \cdot 0,159 = 0,128 \text{ м.}$$

«Динамический ход колеса вниз от хода отбоя

$$f_{\text{он}} = K_o f_2, \quad (70)$$

где f_2 – перемещение колес подвески до включения ограничителя при ходе сжатия (м);

K_o – коэффициент отбоя» [17].

$$f_2 = K_e' f_{\text{ос}} \quad (71)$$

где K_e' – коэффициент относительного сжатия.

$$f_2 = 0,72 \cdot 0,128 = 0,09216 \text{ м,}$$

$$f_{\text{он}} = 0,78 \cdot 0,0892 = 0,06957 \text{ м.}$$

$$f_1 = K_e' f_{\text{он}} , \quad (72)$$

где f_1 – перемещение колес при ходе отбоя.

$$f_1 = 0,72 \cdot 0,06957 = 0,050 \text{ мм.}$$

Динамическая нагрузка определяется [1]:

$$P_o = K_o \cdot P_{cm} , \quad (73)$$

где P_o – динамическая нагрузка (Н);

K_o – коэффициент динамичности.

$$P_o = 0,4 \cdot 4081 = 1987 \text{ Н.}$$

Определяем приведенную жесткость подвески:

$$C_p = \frac{P_{cm}}{f_{cm}} , \quad (74)$$

где C_p – приведенная жесткость подвески.

$$C_p = \frac{6542,3}{0,159} = 41146,5 \text{ Н/м.}$$

Для значений перемещений от -71,68 до 128 мм через каждые 5 мм определим силу упругого сжатия (растяжения) в подвеске.

3.3 Расчет характеристики амортизатора

«Для расчета параметров амортизатора сначала выбираем коэффициент апериодичности n равный 0,2.

$$K = n \cdot \sqrt{\frac{M}{2} \cdot c}, \quad (75)$$

где n – коэффициент апериодичности,

M – масса, приведенная к центру колеса (кг);

c – жесткость подвески, приведенная к центру колеса (Н/м);

K – коэффициент сопротивления амортизатора.

$$c = \frac{G}{f}, \quad (76)$$

где G – вес автомобиля (Н);

f – прогиб до вступления в работу буфера» [17].

$$c = \frac{15650}{0,87} = 17988,5 \text{ Н/м.}$$

$$K = 0,2 \sqrt{\frac{1045}{2} \cdot 17988,5} = 6130.$$

«Учитывая, что коэффициент сопротивления на ходе отбоя [3]:

$$K_{отб} = \beta K_{сж}, \quad (77)$$

где $K_{сж}$ – коэффициент сопротивления на ходе сжатия,

β – коэффициент динамичности амортизатора» [17].

$$K = \frac{K_{сж} + K_{отб}}{2} = \frac{K_{сж} + \beta K_{сж}}{2}. \quad (78)$$

Определяем коэффициент сопротивления амортизатора на ходе сжатия:

$$K_{сж} = \frac{2K}{1+\beta}, \quad (79)$$

$$K_{сж} = \frac{2 \cdot 6130}{1+6} = 1751,4.$$

Определяем коэффициент сопротивления амортизатора на ходе отбоя:

$$K_{отб} = 6 \cdot 1751,4 = 10508,4.$$

«По характеристикам строится характеристика амортизатора, в которой сила сопротивления [3]:

$$F = K_i \cdot V_n, \quad (80)$$

где F – сила сопротивления (Н);

K_i – коэффициент сопротивления амортизатора на ходе сжатия или отбоя;

V_n – скорость поршня» [17].

Максимальная скорость поршня принимается 0,6 м/с.

$$F_{\max отб} = K_{отб} \cdot V_{\max}, \quad (81)$$

$$F_{\max отб} = 10508,4 \cdot 0,6 = 6305 \text{ Н},$$

$$F_{\max сж} = K_{сж} \cdot V_{\max}, \quad (82)$$

$$F_{\max сж} = 1751,4 \cdot 0,6 = 1050,84 \text{ Н}.$$

«Площадь поршня:

$$S = \frac{F_{max}}{P_{max}}, \quad (83)$$

где S – площадь поршня;

F_{max} – максимальная сила сопротивления на ходе сжатия или отбоя;

P_{max} – максимальное давление в амортизаторе» [17].

$$S = \frac{6305}{4} = 1576,25 \text{ мм}^2.$$

«Диаметр поршня [3]:

$$d_n = \sqrt{\frac{4S}{\pi}}, \quad (84)$$

где d_n – диаметр поршня;

S – площадь поршня» [17].

$$d_n = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,464}{\pi}} = 44 \text{ мм.}$$

Определим диаметр штока, приняв его длину равной 300 мм.

«Из расчета на устойчивость штока при максимальном осевом сжатии:

$$D = \sqrt[4]{\frac{F_{maxсж} \cdot 64 \cdot L^2}{\pi^3 \cdot E}}, \quad (85)$$

где D – диаметр штока;

L – длина штока;

E – модуль Юнга;

$F_{maxсж}$ – максимальная сила сопротивления на ходе сжатия» [17].

$$D = \sqrt[4]{\frac{1050,84 \cdot 64 \cdot 0,3^2}{\pi^3 \cdot 2,05 \cdot 10^5}} = 0,0175 \text{ м} = 17,5 \text{ мм}.$$

По ГОСТ диаметр штока принимаем равным 18 мм и выбираем амортизатор с диаметром кожуха 70 мм.

3.4 Расчет нижнего рычага

Для нормальной работы узла должно выполняться условие [5]:

$$\sigma_m = \frac{K}{A} \leq [\sigma_m] \quad (86)$$

где σ_m – предел текучести материала (МПа);

K – нагрузка на рычаг (Н);

A – поперечное сечение рычага в опасном сечении (мм);

$[\sigma_m]$ – допускаемое напряжение (МПа).

$$A = lh + 2hb, \quad (87)$$

где l – ширина рычага в опасном сечении (мм);

h – ширина профиля (мм)

b – высота рычага (мм).

Примем $\frac{l}{h} = 6$; $\frac{b}{h} = 3$.

$$A = 6h^2 + 6h^2 = 12h^2.$$

Задаемся пределом текучести материала и коэффициентом запаса прочности. Выбираем материал Сталь 40 как наиболее удовлетворяющий по прочностным и экономическим соображениям: $\sigma_m = 400$ МПа. – для материала сталь 40.

«Находим допускаемое напряжение по формуле:

$$[\sigma_m] = \frac{\sigma_m}{n}, \quad (88)$$

где n – коэффициент запаса, принимаем равным 4» [17].

$$[\sigma_m] = \frac{400}{4} = 100 \text{ МПа.}$$

Находим ширину профиля, исходя из максимально допустимых напряжений [5]:

$$A = \frac{G}{[\sigma_m]}, \quad (89)$$

$$A = 12h^2 \Rightarrow h = \sqrt{\frac{G}{12[\sigma_m]}}, \quad (90)$$

$$h = \sqrt{\frac{15650}{12 \cdot 100}} = 8,9 \text{ мм.}$$

По ГОСТ 6636-69 выбираем из ряда нормальных линейных размеров $h = 10 \text{ мм} \Rightarrow l = 60 \text{ мм}; b = 30 \text{ мм}; A = 120 \text{ мм}^2$.

При расчете рычага на сжатие следует учитывать коэффициент уменьшения допускаемого напряжения на сжатие с учетом возможности продольного изгиба φ .

«Коэффициент выбирается по таблице в зависимости от значения гибкости материала:

$$\lambda = \frac{\mu \cdot l_p}{i_x}, \quad (91)$$

где μ – коэффициент приведения длины, принимаем равный 1;

l_p – длина рычага;

i_x – радиус инерции» [17].

$$i_x^2 = \frac{I_x}{A}, \quad (92)$$

где I_x – осевой момент инерции.

$$I_x = \frac{l^3 (h+b) - b(l-2h)^3}{12}, \quad (93)$$

$$I_x = \frac{60^3 \cdot (10+30) - 30 \cdot (60 - 2 \cdot 10)^3}{12} = 56000 \text{ мм}^2,$$

$$i_x = \sqrt{\frac{3500}{120}} = 15,1 \text{ мм},$$

$$\lambda = 1 \cdot \frac{520}{15,1} = 45,1.$$

Значению λ равное 45,1 соответствует значение φ равное 0,65.

Находим диаметр тяги:

$$A = \frac{G}{\varphi \cdot [\sigma_m]}, \quad (94)$$

где φ – коэффициент продольного изгиба.

$$h = \sqrt{\frac{15650}{0,65 \cdot 100 \cdot 12}} = 20,06 \text{ мм}.$$

По ГОСТ 6636-69 выбираем из ряда нормальных линейных размеров h равное 20 мм.

3.5 Расчет пружины

Основным упругим элементом современных автомобилей является пружина. Выберем предварительно передаточное число подвески и индекс пружины [4]:

$$d = 1,6 \sqrt{\frac{c \cdot f_o \cdot \beta \cdot i \cdot K}{\tau}}, \quad (95)$$

где c – жесткость подвески (Н/м);

f_o – перемещение колес при ходе отбоя (м);

β – индекс пружины, принимаем равным 6;

i – передаточное отношение подвески;

K – коэффициент, учитывающий кривизну витка;

τ – касательные напряжения, принимаем равным 750 МПа.

$$i = \frac{G_1}{G_1 - G_{н.ч.}}, \quad (96)$$

$$i = \frac{7415,3}{7415,3 - 880} = 1,13.$$

Определим коэффициент, учитывающий кривизну витка:

$$K = 1 + \frac{1,5}{\beta}, \quad (97)$$

$$K = 1 + \frac{1,5}{9} = 1,2.$$

$$d = 1,6 \sqrt{\frac{41146,5 \cdot 0,050 \cdot 6 \cdot 1,13 \cdot 1,2}{750}} = 14,7 \text{ мм.}$$

По ГОСТ Р 53827-2010 найдем ближайшее значение d равное 15 мм, D равное 90 мм.

Найдем полное число витков [4]:

$$Z = \frac{0,81 \cdot c \cdot f_o^2 \cdot G}{\tau^2 \cdot D \cdot d^2}, \quad (98)$$

где G – модуль упругости, принимаем равным $7,8 \cdot 10^4$ МПа;

D – внутренний диаметр пружины, мм;

d – диаметр прутка, мм.

$$Z = \frac{0,81 \cdot 41146 \cdot 0,05^2 \cdot 7,8 \cdot 10^4}{750^2 \cdot 90 \cdot 15^2} = 5,7 \approx 6.$$

Выводы по разделу.

В данном разделе был проведено вычисление вертикальной упругой характеристики подвески, характеристике амортизатора, его основных размеров, расчет рычага на изгиб и сжатие, определены его размеры, а также произведен расчёт пружины. Построены упругая характеристика подвески и гидравлическая характеристика амортизатора.

4 Технологический раздел

Сборочный процесс в автомобиле- и тракторостроении представляет собой совокупность операций по соединению деталей в определенной последовательности для получения узлов, механизмов или законченного автомобиля (трактора), полностью отвечающих установленным техническим требованиям.

При производстве автомобилей и тракторов их собирают либо на том же заводе, где изготавливаются детали этого изделия, либо на специализированном сборочном предприятии. Первый вид организации производства в настоящее время преобладает в отечественном автотракторостроении.

Трудоемкость сборочных работ больше трудоемкости литейных, сварочных, кузнечно-прессовых и ряда других работ. Реальная возможность снижения трудоемкости сборки прежде всего путем ее механизации – это один из важных резервов производства.

В автотракторостроении преобладает массовое и крупносерийное производство. По сравнению с другими отраслями машиностроения здесь имеются более благоприятные условия для механизации и автоматизации процессов сборки и сокращения на этой основе ручного труда. Между тем, трудоемкость работ в заготовительных и обрабатывающих цехах большинства автомобильных и тракторных заводов снижается более быстрыми темпами, чем в сборочных. В связи с этим относительное значение трудоемкости сборки очень часто не сокращается, а растет.

Удельный вес сборочных работ в общей трудоемкости изготовления автомобилей и тракторов составляет в настоящее время 25-30%.

Исходными данными для проектирования технологического процесса сборки являются:

- сборочные чертежи (изделия, узла или машины);
- технические условия на сборку;

- рабочие чертежи деталей, входящих в изделие;
- заданная годовая программа или общая программа выпуска.

Также при проектировании технологического процесса сборки необходимо пользоваться вспомогательными материалами, такими как: каталоги, паспорта, характеристики сборочного оборудования и механизированного сборочного инструмента; ГОСТ и нормами на немеханизированный сборочный инструмент, технологические процессы сборки типовых узлов.

4.1 Обоснование выбора технологического процесса

Выбор технологического процесса сборки зависит от различных факторов, таких как тип изделия, его размеры, количество производимой продукции, требования к качеству и степени автоматизации процесса.

Одним из основных факторов является тип изделия. Например, для изделий, требующих высокой точности и мелких деталей, лучше использовать автоматизированный технологический процесс, чтобы уменьшить ошибки человеческого фактора и обеспечить повышенную точность.

Кроме того, размеры изделия могут определять, какой технологический процесс выбрать. Для производства больших изделий может потребоваться использование кранов и других тяжелых механизмов, а для мелких изделий могут использоваться автоматические линии сборки.

Ввиду того, что задняя независимая подвеска для легкового автомобиля Renault Sandero Stepway не будет иметь большого спроса, сборку можно осуществлять методом мелкосерийной сборки.

«В мелкосерийном производстве используют форму стационарной непоточной сборки с дифференциацией процесса на узловую и общую сборку. Процесс сборки осуществляется бригадами рабочих, имеющих профильную специальность по каждому виду сборочных работ» [14].

«Рассчитаем такт выпуска по формуле:

$$T_{д} = \frac{F_{д} \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (99)$$

где $F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену, принимается равным 2070 ч. для стационарной сборки на необорудованном оборудовании;

m – количество смен, принимается равным 1;

N – годовой объем выпуска, принимается равным 120 шт» [25].

$$T_{д} = \frac{2070 \cdot 60 \cdot 1}{120} = 1035 \text{ ч.}$$

Далее составляем технологическую схему сборки.

Технологическая схема сборки – это графическое представление последовательности операций, необходимых для производства конечного продукта. Она описывает порядок выполнения всех этапов производства, начиная с получения исходных материалов и заканчивая готовым изделием.

Основные элементы технологической схемы сборки:

- получение исходных материалов;
- подготовительные операции – разметка материалов, нарезка, обработка и так далее;
- сборочные операции – сборка изделия из отдельных деталей;
- окончательная обработка – шлифовка, полировка, окраска и так далее;
- контроль качества – проверка соответствия готового изделия заданным требованиям;
- упаковка и хранение готового изделия.

Перечень сборочных работ узловой и общей сборки задней независимой подвески для легкового автомобиля Renault Sandero Stepway представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень сборочных работ [18]

Содержание основного и вспомогательного перехода	Время на операцию, мин.
Взять подрамник из контейнера	1
Осмотреть подрамник на наличие повреждений и дефектов	3
Взять сайлентблок для крепления нижнего рычага и подрамника	0,5
Осмотреть сайлентблок для крепления нижнего рычага и подрамника на наличие повреждений и дефектов	1
Взять болт М12×1,5 (2 шт.), гайку М12 (2 шт.)	0,5
Взять нижний рычаг (1 шт.)	0,2
Осмотреть нижний рычаг (1 шт.) на наличие повреждений и дефектов	1
Установить нижний рычаг в кронштейн подрамника и зафиксировать при помощи болтов М12×1,5 (2 шт.), гаек М12 (2 шт.)	4
Взять сайлентблок для крепления ступицы и нижнего рычага	0,2
Осмотреть сайлентблок для крепления ступицы и нижнего рычага на наличие повреждений и дефектов	1
Взять ступицу с кронштейном для крепления амортизатора (1 шт.)	0,5
Осмотреть ступицу с кронштейном на наличие повреждений и дефектов	1
Установить ступицу с кронштейном через сайлентблок для крепления ступицы и нижнего рычага к нижнему рычагу	5
Взять амортизатор	0,5
Осмотреть амортизатор на наличие повреждений и дефектов	2
Взять болт М10×1,5 (2 шт.), гайку М10 (2 шт.)	0,5
Установить амортизатор на ступицу при помощи болта М10×1,5 (2 шт.), гайки М10 (2 шт.)	5
Взять буфер сжатия	0,5
Осмотреть буфер сжатия на наличие повреждений и дефектов	1
Установить буфер сжатия на амортизатор	2
Повторить операции 3-20 для другой стороны	29,4
Проверить качество выполненных операций	10
Итого:	68,8

Рассчитаем общее оперативное время на все виды работ по формуле:

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots + t_{on_n}, \quad (100)$$

$$t_{on}^{общ} = \sum t_{on1} + t_{on2} + \dots + t_{on_n}.$$

«Определяем суммарную трудоемкость сборки изделия по формуле:

$$t_{ум}^{общ} = t_{on}^{общ} + t_{on}^{общ} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (101)$$

где α – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах, принимаем равным 3%;
 β – часть оперативного времени для перерыва и отдыха в процентах, принимаем равным 5%» [25].

$$t_{шт}^{общ} = 68,8 + 68,8 \cdot \left(\frac{3+5}{100} \right) = 74,3 \text{ мин.}$$

4.2 Проектирование технологического процесса сборки задней независимой подвески для легкового автомобиля Renault Sandero Stepway

Составим последовательность технологических операций с указанием приспособлений и затрачиваемого на выполнение операций времени заносим в таблицу 11.

Таблица 11 – Технологический процесс сборки задней независимой подвески для легкового автомобиля Renault Sandero Stepway [19]

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Время, мин.
005	Сборочная	1	Взять подрамник из контейнера	Приспособление грузоподъемное, набор головок, рожковые ключи, отвертка, молоток, плоскогубцы, вороток, динамометрический ключ	58,8
		2	Осмотреть подрамник на наличие повреждений и дефектов		
		3	Взять сайлентблок для крепления нижнего рычага и подрамника		
		4	Осмотреть сайлентблок для крепления нижнего рычага и подрамника на наличие повреждений и дефектов		
		5	Взять болт М12×1,5 (2 шт.), гайку М12 (2 шт.)		

Продолжение таблицы 11

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Время, мин.
		6	Взять нижний рычаг (1 шт.)		
		7	Осмотреть нижний рычаг (1 шт.) на наличие повреждений и дефектов		
		8	Установить нижний рычаг в кронштейн подрамника и зафиксировать при помощи болтов М12×1,5 (2 шт.), гаек М12 (2 шт.)		
		9	Взять сайлентблок для крепления ступицы и нижнего рычага		
		10	Осмотреть сайлентблок для крепления ступицы и нижнего рычага на наличие повреждений и дефектов		
		11	Взять ступицу с кронштейном для крепления амортизатора (1 шт.)		
		12	Осмотреть ступицу с кронштейном на наличие повреждений и дефектов		
		13	Установить ступицу с кронштейном через сайлентблок для крепления ступицы и нижнего рычага к нижнему рычагу		
		14	Взять амортизатор		
		15	Осмотреть амортизатор на наличие повреждений и дефектов		
		16	Взять болт М10×1,5 (2 шт.), гайку М10 (2шт.)		
		17	Установить амортизатор на ступицу при помощи		

Продолжение таблицы 11

Номер операции	Наименование операции	Номер позиции	Содержание операции, перехода	Оборудование, инструмент, приспособление	Время, мин.
			болта М10×1,5 (2 шт.), гайки М10 (2 шт.)		
		18	Взять буфер сжатия		
		19	Осмотреть буфер сжатия на наличие повреждений и дефектов		
		20	20 Установить буфер сжатия на амортизатор		
		21	Повторить операции 3-20 для другой стороны		
010	Регулировочная	1	Проверить качество выполненных операций	Набор головок, рожковые ключи, отвертка, динамометрический ключ	10

Технологическая схема сборки задней независимой подвески для легкового автомобиля Renault Sandero Stepway представлена в графической части ВКР.

Выводы по разделу.

В разделе выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, спроектирован технологический процесс сборки задней независимой подвески для легкового автомобиля Renault Sandero Stepway и представлен в графической части ВКР.

5 Производственная и экологическая безопасность проекта

В настоящее время возрос интерес к человеческим ресурсам, улучшились условия и качественные меры по охране труда на рабочем месте. В долгосрочной перспективе благополучие человеческих ресурсов является источником стабильности, процветания и производительности.

Стоимость несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в странах колеблется от 2,6% до 3,8% валового национального продукта.

Работники должны активно участвовать в процессе управления охраной труда и рисками для здоровья, так как это позволяет повысить эффективность мер по защите от опасностей на рабочем месте.

Участие работников в процессе управления охраной труда подразумевает:

- информирование сотрудников о возможных опасностях, связанных с работой и оказании первой помощи в случае необходимости;
- оценка рисков и выработка предложений по принятию мер по уменьшению их воздействия на работников;
- проведение обучения и тренингов по охране труда, продуктивному использованию рабочего времени и управлению стрессом;
- участие в разработке и контроле соблюдения инструкций по безопасности, а также в работе комиссии по охране труда.

Риск для здоровья работников может возникнуть в случае невнимательного отношения к охране труда, а также при недостаточной осведомленности о возможных опасностях и оказанию первой помощи в случае необходимости. Поэтому, активное участие работников в процессе управления охраной труда и рисками для здоровья является необходимым условием для создания безопасной и здоровой рабочей среды.

Работники должны иметь возможность выражать свое мнение и предлагать свои идеи по улучшению охраны труда в организации. Это

позволит улучшить культуру безопасности и создать атмосферу ответственности и заботы о здоровье друг друга.

5.1 Характеристика технологического процесса обслуживания подвески автомобиля Renault Sandero Stepway с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны

В целях наиболее полного рассмотрения характеристики технологического процесса обслуживания подвески автомобиля Renault Sandero Stepway с конструктивно-технологической и организационно-технической стороны необходимо составить технологический паспорт (таблица 12).

Таблица 12 – Технологический паспорт технологического процесса обслуживания подвески автомобиля Renault Sandero Stepway [1]

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Обслуживание подвески автомобиля Renault Sandero Stepway	<ul style="list-style-type: none"> - поставить автомобиль на пост; - проверить состояние рулевых тяг и защитных колпачков, гофр, отбойников. рычагов; - проверить все резинометаллические шарниры подвески, подтянуть; - подтянуть верхние крепления амортизаторов; - подтянуть опоры амортизаторов; 	Слесарь по ремонту автомобилей пятого разряда	Подъемник, рожковые ключи, специальный ключ, плоскогубцы, набор автомеханика И-148, манометр МН-5, стенд К-111, ключ моментный	Перчатки, ветошь

Продолжение таблицы 12

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
	- отрегулировать давление воздуха в шинах, удалить посторонние предметы, застрявшие в протекторах и установить колпачки; - отрегулировать развал и угол схождения передних колес; - убрать автомобиль с поста.			

Рассмотрев вопрос характеристики технологического процесса, предлагается перейти к идентификации профессиональных рисков.

5.2 Идентификация профессиональных рисков

Важным аспектом является необходимость идентификации риска в организации, чтобы поддерживать или улучшать правильное и всестороннее определение эффективности охраны труда.

Оценка профессионального риска представляет собой подробное изучение всех возможных происшествий, потенциально вредных действий, которые допустимы или недопустимы в организации. Одним из наиболее важных аспектов является то, что каждая организация должна определить и выбрать риски, которые находятся на пределе мер предосторожности, которые должны быть проанализированы и пересмотрены. Тяжесть последствий отражает серьезность результата, который может быть вызван нежелательным и неожиданным событием. Вероятность возникновения

события следует оценивать с учетом наличия или отсутствия систем управления.

Деятельность по идентификации рисков включает:

- выявление опасностей, присутствующих на рабочем месте и в рабочей среде;
- выявление опасностей, обнаруженных в ходе предыдущего управления рисками;
- выявление потенциальных последствий признанных опасностей – рисков, то есть потенциальных причин травматизма работников, несчастного случая на производстве, профессионального заболевания или профессионального заболевания.

Работодатель также должен заменять опасные элементы на менее опасные или совсем неопасные, а также организовывать работу и условия труда таким образом, чтобы создать безопасную атмосферу на рабочем месте. Еще один важный аспект – это адаптация работы к личности работника. Каждый человек уникален и его индивидуальные потребности и возможности должны учитываться при создании рабочего места и установки задач.

Таблица 13 содержит результаты идентификации профессиональных рисков в процессе обслуживания подвески автомобиля Renault.

Таблица 13 – Результаты идентификации профессиональных рисков

Операция	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
<ul style="list-style-type: none"> - поставить автомобиль на пост. - проверить состояние рулевых тяг и защитных колпачков, гофр, отбойников, рычагов; - проверить все резинометаллические шарниры подвески, подтянуть; 	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях деталей автомобиля	Элементы конструкции автомобиля

Продолжение таблицы 13

Операция	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
<ul style="list-style-type: none"> - подтянуть верхние крепления амортизаторов; - подтянуть опоры амортизаторов; - отрегулировать давление воздуха в шинах, удалить посторонние предметы, застрявшие в протекторах и установить колпачки; - отрегулировать развал и угол схождения передних колес; - убрать автомобиль с поста. 	«Запыленность и загазованность воздуха»	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног, шум автомобиля
	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Элементы конструкции автомобиля» [9]
	«Возможность поражения электрическим током»	Инструмент в зоне проведения технического обслуживания
	Отсутствие или недостаток естественного света	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс» [24]
	«Динамические нагрузки. Статические, связанные с рабочей позой»	Однообразно повторяющиеся технологические операции. Операции требующие повышенного внимания и точности» [9]
	Напряжение зрительных анализаторов	
	Монотонность труда, вызывающая монотонию	

Рассмотрев вопрос идентификации профессиональных рисков, предлагается перейти к рассмотрению методов и средств их снижения.

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Основой снижения профессиональных рисков является подготовка и обучение сотрудников. Это поможет им понимать процессы своей работы и принимать правильные решения.

Правильное планирование задач поможет снизить риски и уменьшить вероятность возникновения проблем в работе.

Использование защитной экипировки и оборудования – в некоторых профессиях защитная экипировка необходима для снижения рисков. Например, обязательное использование шлемов и защитных очков в строительстве.

Регулярные проверки оборудования и обслуживание позволят выявлять и устранять возможные проблемы до их возникновения.

Правильное распределение нагрузки – риск травм и ранений может быть снижен.

«В обязанности работодателя входит обеспечение мероприятий, направленных на улучшение условий труда, в том числе разработанных по результатам специальной оценки условий труда (Федеральный закон «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 № 426-ФЗ). Работодатель должен направлять на эти цели, согласно статье 226 «Финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда» Трудового кодекса РФ, не менее 0,2% суммы затрат на производство продукции (работ, услуг)» [20].

Специальная оценка условий труда (далее – СОУТ) – это процесс анализа рабочей среды и рабочих операций с целью определения возможных рисков и определения мер по их устранению или снижению. СОУТ проводится специалистами по охране труда и имеет законодательную базу во многих странах. Она является обязательной для всех организаций, где работники подвергаются воздействию вредных факторов, таких как шум, вибрация, химические вещества, пыль, излучения и другое.

Оценка проводится на основе измерений и анализа данных, полученных на рабочих местах. После проведения оценки, специалисты определяют уровень риска и рекомендуют меры по его снижению.

«Основные мероприятия:

- а) проведение специальной оценки условий труда (далее – СОУТ) позволяет оценить условия труда на рабочих местах и выявить О и

ВПФ и тем самым выполнить некоторые обязанности работодателя, предусмотренные Трудовым кодексом РФ:

- 1) информировать работников об условиях и охране труда на рабочих местах, о риске повреждения здоровья, предоставляемых им гарантиях, полагающихся им компенсациях и средствах индивидуальной защиты;
 - 2) разработать и реализовать мероприятия по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда;
 - 3) установить компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда» [20].
- б) «обеспечение работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, средствами индивидуальной защиты, смывающими и обезвреживающими средствами;
- в) устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов;
- г) приведение уровней естественного и искусственного освещения на рабочих местах, в бытовых помещениях, местах прохода работников в соответствие с действующими нормами;
- д) устройство новых и (или) реконструкция имеющихся мест организованного отдыха, помещений и комнат релаксации, психологической разгрузки, мест обогрева работников, а также укрытий от солнечных лучей и атмосферных осадков при работах на открытом воздухе; расширение, реконструкция и оснащение санитарно-бытовых помещений;
- е) обеспечение хранения средств индивидуальной защиты, а также ухода за ними (своевременная химчистка, стирка, дегазация,

дезактивация, дезинфекция, обезвреживание, обеспыливание, сушка), проведение ремонта и замена СИЗ;

- ж) приобретение стендов, тренажеров, наглядных материалов, научно-технической литературы для проведения инструктажей по охране труда, обучения безопасным приемам и методам выполнения работ, оснащение кабинетов (учебных классов) по охране труда компьютерами, теле-, видео-, аудиоаппаратурой, лицензионными обучающими и тестирующими программами, проведение выставок, конкурсов и смотров по охране труда;
- з) обучение лиц, ответственных за эксплуатацию опасных производственных объектов;
- и) оборудование по установленным нормам помещения для оказания медицинской помощи и (или) создание санитарных постов с аптечками, укомплектованными набором лекарственных средств и препаратов для оказания первой помощи;
- к) и других мероприятий в рамках действующего законодательства (нормативно-правовых актов) РФ» [20].

«В целях частичного или полного устранения выявленных проблем выбираем методы и средства, которые соответствуют действующим нормативным документам» [9].

Для уменьшения профессиональных рисков приведены мероприятия, которые представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
«Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда; – содержание технических устройств в надлежащем состоянии	Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [20].

Продолжение таблицы 14

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
«Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля»	<p>Выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания.</p> <p>Эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией.</p> <p>Санитарно-гигиенические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> – обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами; – предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования. – знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015; – обеспечение дистанционного управления оборудованием 	<p>Спецодежда, соответствующая выполняемой работе (спецобувь, спецодежда, средства защиты органов дыхания, зрения, слуха)» [9]</p>
«Повышенный уровень шума»	<ul style="list-style-type: none"> – Применение звукоизоляции, звукопоглощения, демпфирования и глушителей шума (активных, резонансных, комбинированных); – группировка шумных помещений в одной зоне здания и отделение их коридорами; – введение регламентированных дополнительных перерывов; – проведение обязательных медосмотров 	<p>Защитные противошумные наушники, беруши противошумные» [20].</p>
«Возможность поражения электрическим током»	<p>Оформление допуска по электробезопасности, проведение инструктажа по работе с электрическими установками, применение заземляющего устройства</p>	<p>Индивидуальные защитные и экранирующие комплекты для защиты от электрических полей» [9].</p>
«Отсутствие или недостаток естественного света»	<p>Устройство дополнительных световых проемов в стенах, фонарей на крыше здания» [24]</p>	<p>–</p>
«Напряжение зрительных анализаторов. Статические нагрузки, связанные с рабочей позой»	<p>Оздоровительно-профилактические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> – медицинские осмотры (предварительный (при поступлении на работу) и периодические (в течение 	<p>–</p>

Продолжение таблицы 14

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<p>трудовой деятельности) и других медицинских осмотров согласно ст. 212 ТК РФ;</p> <ul style="list-style-type: none"> – правильное оборудование рабочих мест, обеспечение технологической и организационной оснащенности средствами комплексной и малой механизации; – используемые в работе оборудование и предметы должны быть удобно и рационально расположены на столе» [24]. 	
<p>Монотонность труда</p>	<ul style="list-style-type: none"> – «объединение малосодержательных операций в более сложные и разнообразные: длительность объединенных операций не должна превышать 10-12 мин, иначе это повлечет снижение производственных показателей; – чрезмерное укрупнение операций может не соответствовать уровню квалификации работника. При совмещении профессий следует учитывать перенос (положительное) и интерференцию (отрицательное) взаимодействие навыков новой и совмещаемой профессии». Должны загружаться различные психофизиологические функции работника» [9]; – «внедрение научно обоснованных режимов труда и отдыха для предотвращения возникновения у работающих на монотонных работах отрицательных психологических состояний (психологического пресыщения, скуки, сонливости, апатии); 	<p>–</p>

Продолжение таблицы 14

Профессиональный риск	Мероприятия для уменьшения профессиональных рисков	Средства индивидуальной защиты
	<ul style="list-style-type: none"> – применение методов эстетического воздействия во время работы, что способствует улучшению психологических условий труда и включает озеленение, цветовой интерьер, оптимальную освещенность рабочего места, снижение шума, вибрации, запыленности и загазованности; – отбор работников на основе учета их индивидуальных психофизиологических особенностей; разработку и регулярное применение систем морального и материального стимулирования; – усложнение обязанностей в процессе дежурства, а именно выполнение дополнительных задач по изучению техники, ведение записей в журнале; – выбор компромиссной продолжительности периодического дежурства исходя из назначения системы «человек-машина» [9]; – «установление оптимальной длительности ежесуточного пассивного отдыха (сна без перерывов) не менее 7 час (при отсутствии экстренной необходимости его прерывания); – чередование пассивного отдыха с активным» [24]. 	

Рассмотрев вопрос методов и средств для снижения профессиональных рисков, предлагается перейти к рассмотрению вопроса по обеспечению пожарной безопасности объекта.

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Анализируем вероятные источники возможного возникновения пожаров и выявляем опасные факторы, которые могут вызвать их появление (таблица 15).

Таблица 15 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
«Зона ТО	Технологическое оборудование, применяемое в зоне ТО	В	Пламя и искры, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения	Образующиеся в процессе пожара осколки, части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, оборудования, технологических установок» [17].

В статье 42 Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ представлена классификация пожарной техники:

- «системы, установки АПС (автоматическая пожарная сигнализация), АУПТ (автоматическая установка пожаротушения), СОУЭ (системы оповещения и управления эвакуацией), пожарной связи, автоматики;
- первичные: мобильные средства пожаротушения (все виды огнетушителей, пожарные краны, пожарный инвентарь);
- пожарное оборудование;
- средства индивидуального/группового самоспасения, защиты органов дыхания;
- ручной, механизированный инструмент» [9].

«Выполним классификацию средств пожаротушения применяемых для данного технического объекта:

- первичные средства пожаротушения – внутренний пожарный кран, щит пожарный с песком и инвентарем (лом, багор пожарный, топор, комплект для резки электропроводов, лопата совковая, полотно асбестовое), универсальный огнетушитель порошковый ОП-10 – 1 шт., воздушно-пенный огнетушитель ОВП-12 – 1шт.;
- мобильные средства пожаротушения предназначены для тушения пожаров с возможностью перемещения (мотопомпа для тушения возгораний);
- стационарные средства пожаротушения состоят из трубопроводов, в случае с наполнением из воды, пара или пены. Система трубопроводов соединяет автоматические устройства и оборудование. Приборы реагируют на повышенную температуру, сигнал передается на датчики. Затем происходит включение насосов, подающих воду» [24].

Разработка мероприятий по соблюдению требований пожарной безопасности является одним из главных этапов обеспечения безопасности в зданиях и сооружениях. Такие мероприятия должны быть разработаны в соответствии с законодательными и нормативными актами и утверждены руководством организации.

Первый шаг при разработке мероприятий – это проведение анализа рисков возможного возникновения пожара в здании или сооружении.

Для этого необходимо провести осмотр помещений, выявить наличие возможных источников возгорания, оценить состояние систем пожарной безопасности.

Выполним разработку мероприятий по соблюдению требований пожарной безопасности при обслуживании подвески автомобиля Renault Sandero Stepway (таблица 16), в целях обеспечения пожарной безопасности, определяющих порядок поведения людей, порядок организации производства и (или) содержания территорий.

Таблица 16 – Перечень мероприятий по пожарной безопасности при обслуживании подвески автомобиля Renault Sandero Stepway

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
«Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности»	Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия» [9]
«Обучение правилам и мерам пожарной безопасности в соответствии с Приказом МЧС России 645 от 12.12.2007»	Проведение обучения, а также различных видов инструктажей по тематике пожарной безопасности под роспись» [20]
«Проведение технического обслуживания, планово-предупредительных ремонтов, модернизации и реконструкции оборудования»	Выполнение профилактики оборудования в соответствии с утвержденным графиком работ. Назначение приказом руководителя лица, ответственного за выполнение данных работ» [24]
«Наличие знаков пожарной безопасности и знаков безопасности по охране труда по ГОСТ»	Знаки пожарной безопасности и знаки безопасности по охране труда, установленные в соответствии с нормативно-правовыми актами РФ» [20].
«Рациональное расположение производственного оборудования без создания препятствий для эвакуации и использованию средств пожаротушения»	Эвакуационные пути в пределах помещения должны обеспечивать безопасную, своевременную и беспрепятственную эвакуацию людей
Обеспечение исправности, проведение своевременного обслуживания и ремонта источников наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения»	Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия» [9]
«Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2 ГОСТ Р 12.2.143–2009, ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ»	Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных для обозрения местах
Размещение информационного стенда по пожарной безопасности»	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [24]

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического процесса обслуживания подвески автомобиля Renault Sandero Stepway

Для обеспечения экологической безопасности технологического процесса необходимо принимать следующие меры:

- использование экологически чистых материалов и ресурсов. Например, замена опасных химических реагентов на более

безопасные аналоги;

- минимизация выбросов и отходов. Необходимо использовать эффективные системы очистки выбросов и переработки отходов;
- соблюдение норм и требований экологического законодательства. Технологический процесс должен соответствовать требованиям всех нормативных документов и лицензий;
- обучение и мотивация персонала. Сотрудники должны понимать важность экологической безопасности и использовать соответствующие методы;
- проведение экологической оценки технологического процесса.

Выполняем идентификацию негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при технологическом процессе обслуживания подвески автомобиля Renault Sandero Stepway и сведем их в таблицу 17.

Таблица 17 – Идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов

Технологический процесс	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
«Обслуживание подвески автомобиля Renault Sandero Stepway	Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочно-охлаждающей жидкости с поверхности новых деталей.	Масло трансмиссионное	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [9].

Выполним разработку мероприятий, направленных на снижение негативного антропогенного воздействия при обслуживании подвески автомобиля Renault Sandero Stepway:

- атмосферу – использование технологий снижения выбросов и загрязнений: установка фильтров на промышленные предприятия, ограничение использования транспорта с высокими выбросами,

- утилизация отходов, популяризация и переход на использование возобновляемых источников энергии (установка солнечных панелей, ветрогенераторов, гидроэлектростанций и так далее);
- гидросферу – «контроль за процессами утилизации и захоронения выбросов, стоков и осадков сточных вод. Персональная ответственность за охрану окружающей среды» [24];
 - литосферу – внедрение программ по сбору и переработке отходов. Это включает создание системы отдельного сбора мусора, развитие рынка вторсырья.

Выводы по разделу.

В разделе:

- разработан технологический паспорт производственно-технологического процесса обслуживания подвески автомобиля (таблица 12);
- выявлены профессиональные риски при обслуживании подвески автомобиля (таблица 13) и определены методы и средства их снижения (таблица 14);
- идентифицирован класс и опасные факторы пожара, разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при обслуживании подвески автомобиля Renault Sandero Stepway (таблицы 15, 16);
- идентифицированы экологические факторы, возникающие при обслуживании подвески автомобиля и разработаны мероприятия по их снижению (таблица 17).

6 Экономическая эффективность проекта

«Затраты на изготовление задней независимой подвески для легкового автомобиля Renault Sandero Stepway определяем по формуле:

$$C_{\text{кон}} = C_{\text{к.д}} + C_{\text{о.д}} + C_{\text{п.д}} + C_{\text{сб.н}} + C_{\text{о.н}}, \quad (102)$$

где $C_{\text{к.д}}$ – стоимость изготовления корпусных деталей, р.;

$C_{\text{о.д}}$ – затраты на изготовление оригинальных деталей, р.;

$C_{\text{п.д}}$ – цена покупных деталей, изделий, агрегатов, р.;

$C_{\text{сб.н}}$ – полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке, р.;

$C_{\text{о.н}}$ – общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции, р.» [11].

«Стоимость изготовления корпусных деталей рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{к.д}} = Q_{\text{к}} \cdot C_{\text{к}}, \quad (103)$$

где $Q_{\text{к}}$ – масса материала, израсходованного на изготовление корпусных деталей, кг;

$C_{\text{к}}$ – средняя стоимость 1 кг готовых деталей, принимается равной 120,0 р./кг» [11].

$$C_{\text{к.д}} = 0 \cdot 120,0 = 0 \text{ р.}$$

Общая стоимость корпусных деталей составляет 0 р.

«Затраты на изготовление оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_{o,d} = C_{np} + C_m, \quad (104)$$

где C_{np} – заработная плата производственных рабочих, занятых на изготовление оригинальных деталей, с учетом дополнительной зарплаты и отчислений, р.;

C_m – стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей, р» [11].

«Зарботную плату рассчитываем по формуле:

$$C_{np} = t \cdot C_q \cdot \kappa_t, \quad (105)$$

где t – средняя трудоемкость на изготовление оригинальных деталей, (рычаг 12,0 чел.-ч; пружина 5 чел.ч);

C_q – часовая ставка рабочих, отчисляемая по среднему разряду, р./ч;

κ_t – коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате, принимается равным 1,03» [11].

«Тарифная ставка определяется на основании минимального размера оплаты труда (далее – МРОТ). Для Самарской области с 1 января 2023 года МРОТ составляет 16242 р.

Принимаем тарифную ставку из учета МРОТ для первого разряда: $16242/(7 \cdot 21) = 110,48$ р./ч. Для остальных разрядов с учётом тарифной сетки: I – 1,0; II – 1,12; III – 1,26; IV – 1,42; V – 1,60; VI – 1,80» [13].

Дальнейшие расчёты ведём по IV разряду: $110,48 \cdot 1,42 = 156,88$ р./ч.

$$C_{np} = 17 \cdot 156,88 \cdot 1,03 = 2746,97 \text{ р.}$$

Определяем дополнительную заработную плату по формуле:

$$C_d = (5 \dots 12) \cdot C_{np} / 100, \quad (106)$$

$$C_o = 10 \cdot 2746,97 / 100 = 274,69 \text{ р.}$$

Начисления на заработную плату определяем по формуле:

$$C_{соц} = 30 \cdot (C_{нр} + C_o) / 100, \quad (107)$$

$$C_{соц} = 30 \cdot (2746,97 + 274,69) / 100 = 906,49 \text{ р.},$$

$$C_{\Sigma нр} = 2749,97 + 274,69 + 906,49 = 3931,15 \text{ р.}$$

Таким образом, заработная плата на изготовление оригинальных деталей составляет 3931,15 р.

«Стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей определяем по формуле:

$$C_M = Ц \cdot Q_3, \quad (108)$$

где $Ц$ – цена 1 кг материала заготовок, р./кг;

Q_3 – масса заготовки, кг» [11].

$$C_M = 160 \cdot 5 = 800 \text{ р.}$$

$$C_{o,d} = 3931,15 + 800 = 4731,15 \text{ р.}$$

Таким образом, затраты на изготовление оригинальных деталей составляют 4731,15 р.

«Полная заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определяется по формуле:

$$C_{сб.н} = C_{сб} + C_{д.сб} + C_{соц.сб}, \quad (109)$$

где $C_{сб}$ – основная заработная плата рабочих, занятых на сборке, р.;

$C_{д.сб}$ – дополнительная заработная плата рабочих, занятых на сборке, р.;

$C_{соц.сб}$ – страховые взносы в фонды, р» [11].

«Основная заработная плата рабочих, занятых на сборке рассчитывается по формуле:

$$C_{сб} = T_{сб} \cdot C_{д.сб} \cdot k_t, \quad (110)$$

где $T_{сб}$ – нормативная трудоемкость на сборку конструкции, чел.-ч.

$$T_{сб} = k_c \cdot \Sigma t_{сб}, \quad (111)$$

где $t_{сб}$ – трудоемкость сборки составных частей, чел.-ч.;

k_c – коэффициент, учитывающий непредусмотренные работы, 1,1...1,5» [11].

По справочным данным принимаем $t_{сб}$ равную 3,0 чел.-ч.

$$T_{сб} = 3 \cdot 1,0 = 3 \text{ чел.-ч.}$$

Тогда заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке определится:

$$C_{сб} = 3 \cdot 156,88 \cdot 1,03 = 484,76 \text{ р.},$$

$$C_{д.сб} = 0,1 \cdot 484,76 = 48,47 \text{ р.},$$

$$C_{соц.сб} = 0,3 \cdot (484,76 + 48,47) = 159,97 \text{ р.}$$

$$C_{сб.п} = 484,76 + 48,47 + 159,97 = 693,2 \text{ р.}$$

Таким образом, полная заработная плата производственных рабочих занятых на сборке составит 693,2 р.

«Общепроизводственные накладные расходы на изготовление приспособления определяем по формуле:

$$C_{он} = \frac{(C_{np}' \cdot R_{он})}{100}, \quad (112)$$

где C_{np}' – основная заработная плата производственных рабочих, участвующих в изготовлении, р.;

$R_{он}$ – процент общепроизводственных накладных расходов, %» [11].

$$C_{np}' = (C_{np} + C_{сб}), \quad (113)$$

$$C_{np}' = 2746,97 + 693,2 = 3440,17 \text{ р.}$$

$$C_{он} = \frac{(3440,17 \cdot 15)}{100} = 516,02 \text{ р.}$$

Стоимость покупных деталей, изделий, агрегатов представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Затраты по статье «Материалы» на конструкторскую разработку

Значение	Числовое значение, руб.
Подрамник (1 шт.)	15000,0
Стабилизатор (1 шт.)	2500,0
Амортизатор (2 шт.)	4200
Итого:	21700,0

$$C_{но} = 15000 + 2500 + 4200 = 21700 \text{ р.}$$

Далее рассчитаем годовую экономию, годовой экономический эффект и срок окупаемости нашей разработки.

Затраты на изготовление конструкции:

$$C_{кон} = 0 + 4731,15 + 21700 + 693,2 + 516,02 = 27640,37 \text{ р.}$$

Затраты на изготовление задней независимой подвески для легкового автомобиля Renault Sandero Stepway сведем в таблицу 19.

Таблица 19 – Затраты на изготовление конструкторской разработки задней независимой подвески для легкового автомобиля Renault Sandero Stepway

Обозначение	Числовое значение, руб.
Стоимость изготовления корпусных деталей	0
Стоимость изготовления оригинальных деталей	4731,15
Общая заработная плата на сборку	693,2
Общепроизводственные накладные расходы	516,02
Стоимость покупных изделий	21700
Итого:	27640,37

Общие затраты на изготовление задней независимой подвески для легкового автомобиля Renault Sandero Stepway равны 27640,37 р.

«Годовая экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции составит:

$$\mathcal{E}_Г = C_{ПР} - C_{КОН}, \quad (114)$$

где $C_{ПР}$ – стоимость прототипа, р.» [11].

$$\mathcal{E}_Г = 35000 - 27640,37 = 7359,63 \text{ р.}$$

Срок окупаемости определяем по формуле:

$$O_{ОК} = \frac{C_{КОН}}{\mathcal{E}_Г}, \quad (115)$$

$$O_{ОК} = \frac{27640,37}{7359,63} = 3,7 \text{ года.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения конструкции составит:

$$\mathcal{E}_{ЭФ} = \mathcal{E}_Г - 0,15 \cdot C_{КОН} \quad (116)$$

$$\mathcal{E}_{ЭФ} = 7359,63 - 0,15 \cdot 27640,37 = 3513,57 \text{ р.}$$

В таблице 20 представлены основные показатели проекта.

Таблица 20 – Основные показатели проекта

Показатели	Единица измерения	Значение	
		До внедрения	После внедрения
Стоимость изготовления конструкции	р.	35000	27640,37
Экономия от снижения себестоимости при внедрении конструкции	р.	–	7359,63
Экономический эффект	р.	–	3513,57
Срок окупаемости	год	–	3,7

Выводы по разделу.

В разделе определена эффективность разработки задней независимой подвески для легкового автомобиля Renault Sandero Stepway с экономической стороны.

Стоимость разработки конструкции задней независимой подвески для легкового автомобиля Renault Sandero Stepway составляет 27640,37 р., срок окупаемости равен 3,7 года, что является допустимым для данной конструкции.

Заключение

В соответствии с утвержденной темой дипломного проекта была разработана задняя независимая подвеска для легкового автомобиля Renault Sandero Stepway.

Ключевым вопросом дипломной работы является разработка конструкции задней независимой подвески автомобиля Renault Sandero Stepway для повышения плавности хода автомобиля, управляемости при различных дорожных ситуациях, комфорта и безопасности движения.

В работе затронута проблема необходимости постоянного совершенствования конструкции автомобиля, в целях улучшения его технико-экономических характеристик.

В ходе выполнения дипломного проекта было сделано следующее:

- рассмотрены типы подвесок автомобиля: зависимые и независимые;
- выполнен тягово-динамический расчёт автомобиля Renault Sandero Stepway;
- проведено вычисление вертикальной упругой характеристики подвески, характеристики амортизатора, его основных размеров, расчет рычага на изгиб и сжатие, определены его размеры, а также произведен расчёт пружины;
- выполнено обоснование выбора технологического процесса, определена трудоемкость сборки, составлен технологический процесс сборки проектируемой подвески;
- рассмотрены вопросы, касающиеся обеспечения безопасности, экологичности проекта;
- определена целесообразность разработки задней независимой подвески для легкового автомобиля Renault Sandero Stepway с экономической стороны.

Список используемой литературы и используемых источников

- 1 Renault Dacia Sandero с 2008 года [Текст] : эксплуатация, обслуживание, ремонт : [практическое пособие] / [ведущий ред. Р. Солдатов]. - Москва : Мир автокниг, 2011. - 352 с.
- 2 Renault Logan выпуска с 2009 года Sandero, Sandero Stepway с двигателями 1,4-1,6 (8V) и 1,6 (16V) [Текст] : устройство, обслуживание, диагностика, ремонт : иллюстрированное руководство : [все работы в цветных иллюстрациях] / [гл. ред. Алексей Ревин]. - Москва : За рулем, 2014. - 336 с.
- 3 Александров М. П. Легковые автомобили [Текст] : [учебник для машиностроительных специальных вузов] / М. П. Александров. - 6-е изд., перераб. - Москва : Высшая школа, 1985. - 520 с.
- 4 Беляев В. П. Конструкция автомобилей и тракторов [Текст] : учебное пособие для самостоятельной работы студентов : для студентов вузов, обучающихся по специальности "Автомобиле- и тракторостроение" / В. П. Беляев ; М-во образования и науки Российской Федерации, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. "Автомобили". - Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2010. - 74, [1] с
- 5 Вахламов В. А. Конструкция, расчет и эксплуатационные свойства автомобилей : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Сервис транспортных и технологических машин и оборудования (Автомобильный транспорт)" направления подготовки "Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования" / В. К. Вахламов. - 2-е изд., стер. - Москва : Академия, 2009. - 556, [1] с.
- 6 Войнаш А. С. Конструкция, теория и расчет малогабаритных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / А. С. Войнаш, С. А. Войнаш, Т. А. Жарикова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, ФГБОУ ВО "Алтайский государственный технический университет имени И. И.

Ползунова", Рубцовский индустриальный институт. - Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2015. - 132 с.

7 Гаврилов М. С. Программы расчета элементов деталей машин (в помощь конструктору) [Текст] / М. С. Гаврилов. - Москва : Спутник+, 2015. - 118 с.

8 Герасимов М. Д. Конструкции наземных транспортно-технологических машин [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 23.05.01 - Наземные транспортно-технологические средства по дисциплине "Конструкции подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования" : [практикум] / М. Д. Герасимов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. - Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2017. - 115 с.

9 Горина Л. Н., Фесина М. И. Раздел бакалаврской работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие (2-е изд. Доп.). - Тольятти: изд-во ТГУ, 2021. - 22 с.

10 Губарев А. В. Конструирование и расчет наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие : для студентов вузов, обучающихся по специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / А. В. Губарев, А. Г. Уланов ; М-во образования и науки Российской Федерации, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. "Колесные, гусеничные машины и автомобили". - Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2015. - 564, [1] с.

11 Демура Н. А. Экономика предприятия [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 23.05.01 - Наземные транспортно-технологические средства и направления подготовки 15.03.02 - Технологические машины и оборудование / Н. А. Демура, Л. И. Ярмоленко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. - Белгород : Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова, 2018. - 124 с.

12 Дубинин Н. Н. Эксплуатация наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 190109 - Наземные транспортно-технологические средства специализации "Технические средства природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях / Н. Н. Дубинин ; М-во образования и науки Российской Федерации, Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова. - Белгород : Изд-во БГТУ, 2014. - 258 с.

13 Зак Г. Г. Справочник конструктора (машиностроителя) [Текст] / Г. Г. Зак, Л. И. Рубинштейн. - Минск : Изд-во Акад. наук БССР, 1963. - 567 с.

14 Зузов В. Н. Механика наземных транспортно-технологических средств [Текст] : учебное пособие / В. Н. Зузов ; Московский гос. технический ун-т им. Н. Э. Баумана. - Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. - 185, [1] с

15 Ионес С. В. Советские легковые автомобили [Текст] : [12+] / С. В. Ионес, Н. С. Марков, Н. А. Рубежной [и др.]. - Тула : Борус-Принт, 2017-. - 31 см. Т. 1: Легковые. Т. 1. - 2017. - 417 с.

16 Кондратьева-Бейер М. В. Automobil und traktor [Текст] = Автомобиль и трактор : Немецкая хрестоматия / М. В. Кондратьева-Бейер, Ю. В. Бейер. - Москва ; Ленинград : Гос. техн.-теоретич. изд-во, 1933 (М. : 17 тип. треста "Полиграфкнига"). - Обл., 179 с.

17 Кротов С. В. Расчеты на прочность и жесткость элементов конструкций и сооружений с применением ANSYS : учебное пособие / С. В. Кротов ; Росжелдор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" (ФГБОУ ВО РГУПС). - Ростов-на-Дону : РГУПС, 2022. - 95 с.

18 Лебедев В. А. Технология машиностроения: проектирование технологии сборки изделий : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств" / В. А. Лебедев ; Федер. агентство по

образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования Дон. гос. техн. ун-т, Азов. технол. ин-т. - Ростов-на-Дону : Изд. центр ДГТУ, 2005. - 161 с.

19 Митрохин Н. Н. Ремонт и утилизация наземных транспортно-технологических средств : учебник : для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки 23.03.03 "Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов", 15.03.01 "Машиностроение" (квалификация (степень) "бакалавр") / Н. Н. Митрохин, А. П. Павлов. - Москва : ИНФРА-М, 2020. - 262, [1] с.

20 Михайлов В. А. Экологичные системы защиты воздушной среды объектов автотранспортного комплекса : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Наземные транспортно-технологические средства" / В. А. Михайлов, Е. В. Сотникова, Н. Ю. Калпина. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : ИНФРА-М, 2022. - 213 с.

21 Поливаев О. И. Тракторы и автомобили. Конструкция [Текст] : учебное пособие для вузов / О. И. Поливаев [и др.] ; под общ. ред. О. И. Поливаева. - Москва : КноРус, 2016. - 251 с. Перегудов Н. Е. Основы создания трехмерных моделей деталей и сборочных единиц автотракторной техники : учебное пособие / Н. Е. Перегудов ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Липецкий государственный технический университет". - Липецк : Изд-во ЛГТУ, 2021. - 112 с.

22 Савкин А. Н. Основы расчетов на прочность и жесткость типовых элементов транспортных средств [Текст] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 190109 "Наземные транспортно-технологические средства" / А. Н. Савкин, В. И. Водопьянов, О. В. Кондратьев ; М-во образования и науки Российской Федерации, Волгоградский гос. технический ун-т. - Волгоград : ВолгГТУ, 2014. - 211 с.

23 Черепанов Л. А. Наземные транспортно-технологические средства. Выполнение дипломного проекта : электронное учебно-методическое пособие / Л. А. Черепанов ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Тольяттинский государственный университет, Институт машиностроения. - Тольятти : Тольяттинский гос. ун-т, 2021. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см.

24 Школьников А. И. Электрооборудование автомобилей и тракторов [Текст] : учебное пособие / А. И. Школьников ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. радиотехнических систем. - Челябинск : ЮУрГУ, 2009. - 63, [3] с.

25 Шубин А. А. Разработка технологического процесса изготовления детали [Текст] : учебное пособие к выполнению курсового проекта по дисциплине "Технология производства наземных транспортно-технологических средств" / А. А. Шубин ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (Национальный исследовательский университет), Калужский филиал. - Калуга : Манускрипт, cop. 2018. - 65 с.

26 Garrett T.K. The Motor Vehicle / T.K Garrett, K. Newton, W. Steeds. 13th ed. - Oxford: Butterworth-Heinemann, 2014. - 1214 p.

27 Heisler H. Advanced vehicle technology / Heinz Heisler. - 2. ed. - Oxford [etc.] : Butterworth - Heinemann, 2002. - IX, 654, [1] p.

28 Pacejka H. B. Tyre and vehicle dynamics / Hans B. Pacejka. - Oxford [etc.] : Butterworth - Heinemann, 2002. - XIII, 627, [1] p.

29 Regan F. J. Re-entry vehicle dynamics / Frank J. Regan. - New York : Amer. inst. of aeronautics a. astronautics, 1984. - X, 414 p.

30 Zanten A., Erhardt R., Pfaff G. An Introduction to Modern Vehicle Design /Edited by Julian Hapian-Smith. Reed Educational and Professional Publishing Ltd 2012. - 600 p.

Приложение А

Графики тягово-динамических характеристик

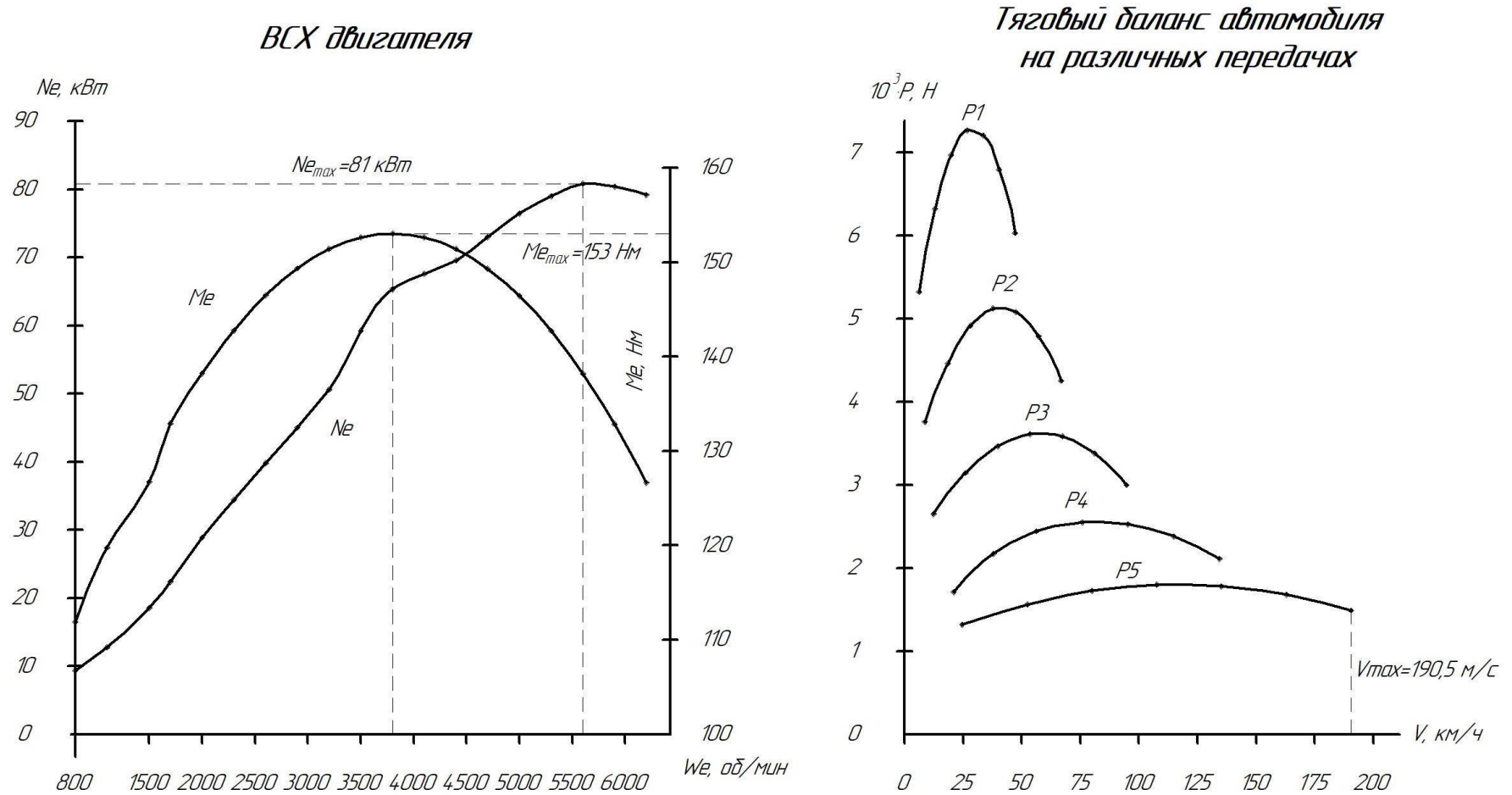


Рисунок А.1 – Графики тягово-динамических характеристик

Продолжение Приложения А

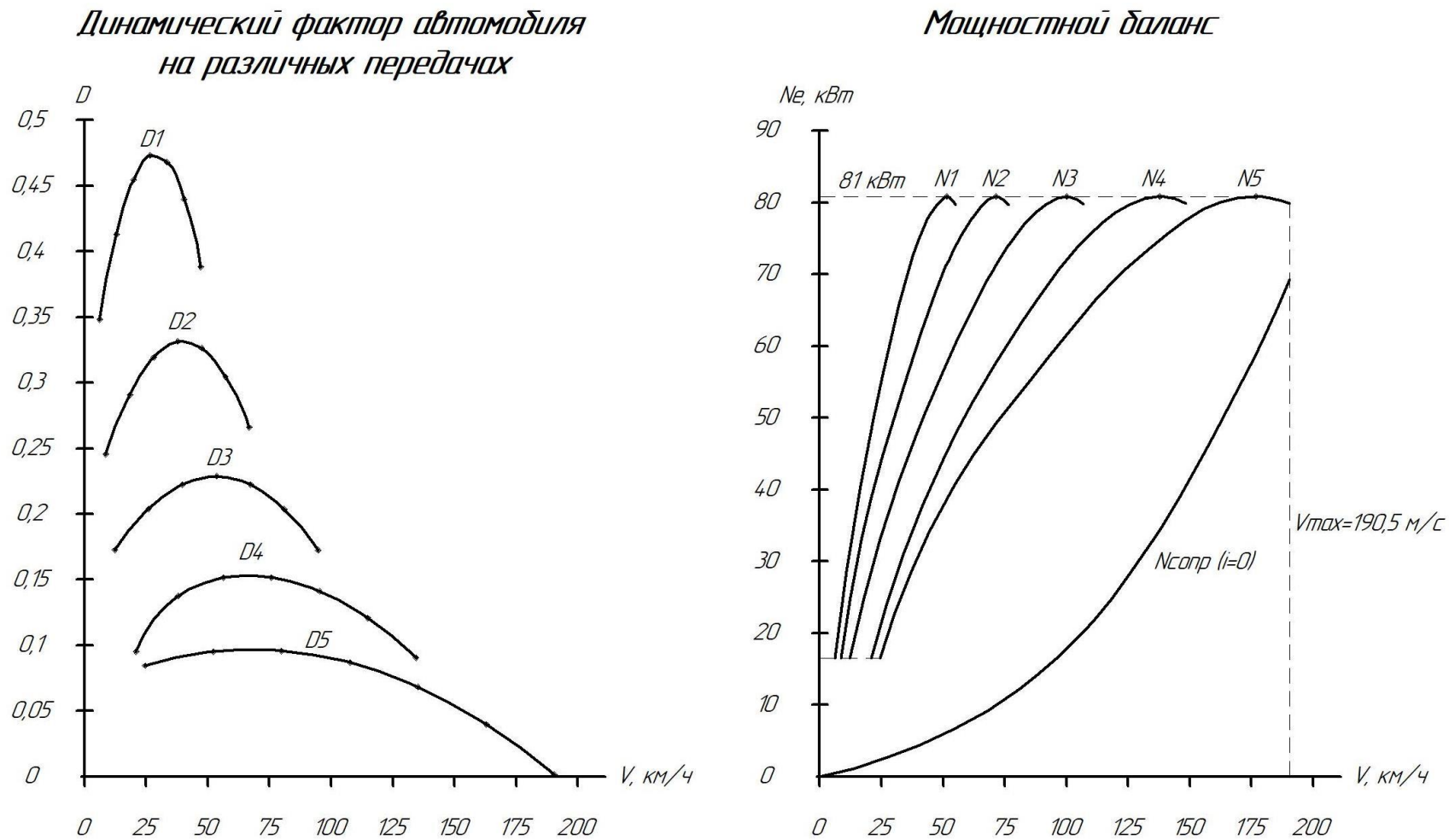


Рисунок А.2 – Графики тягово-динамических характеристик

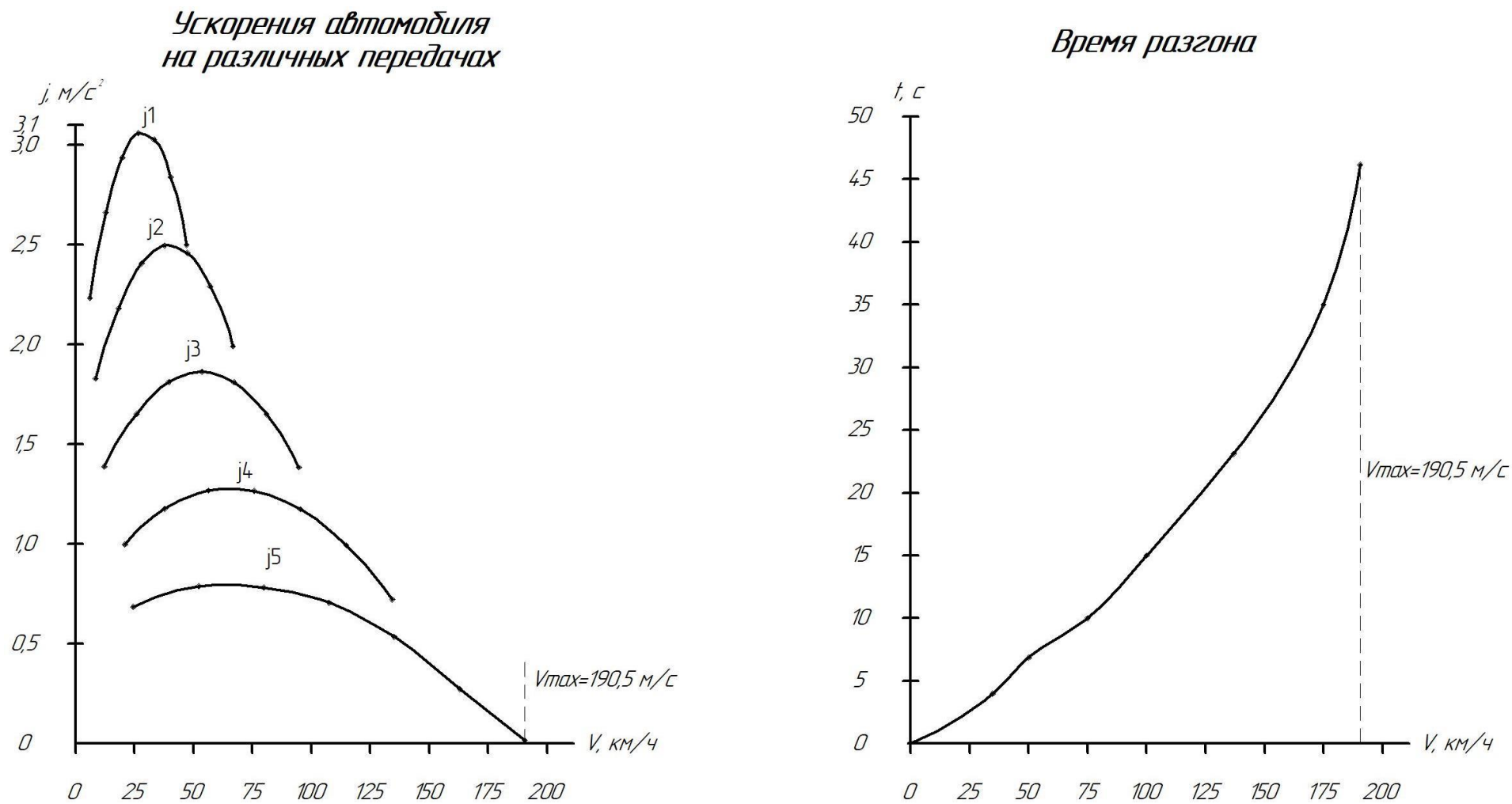


Рисунок А.3 – Графики тягово-динамических характеристик

Продолжение Приложения А

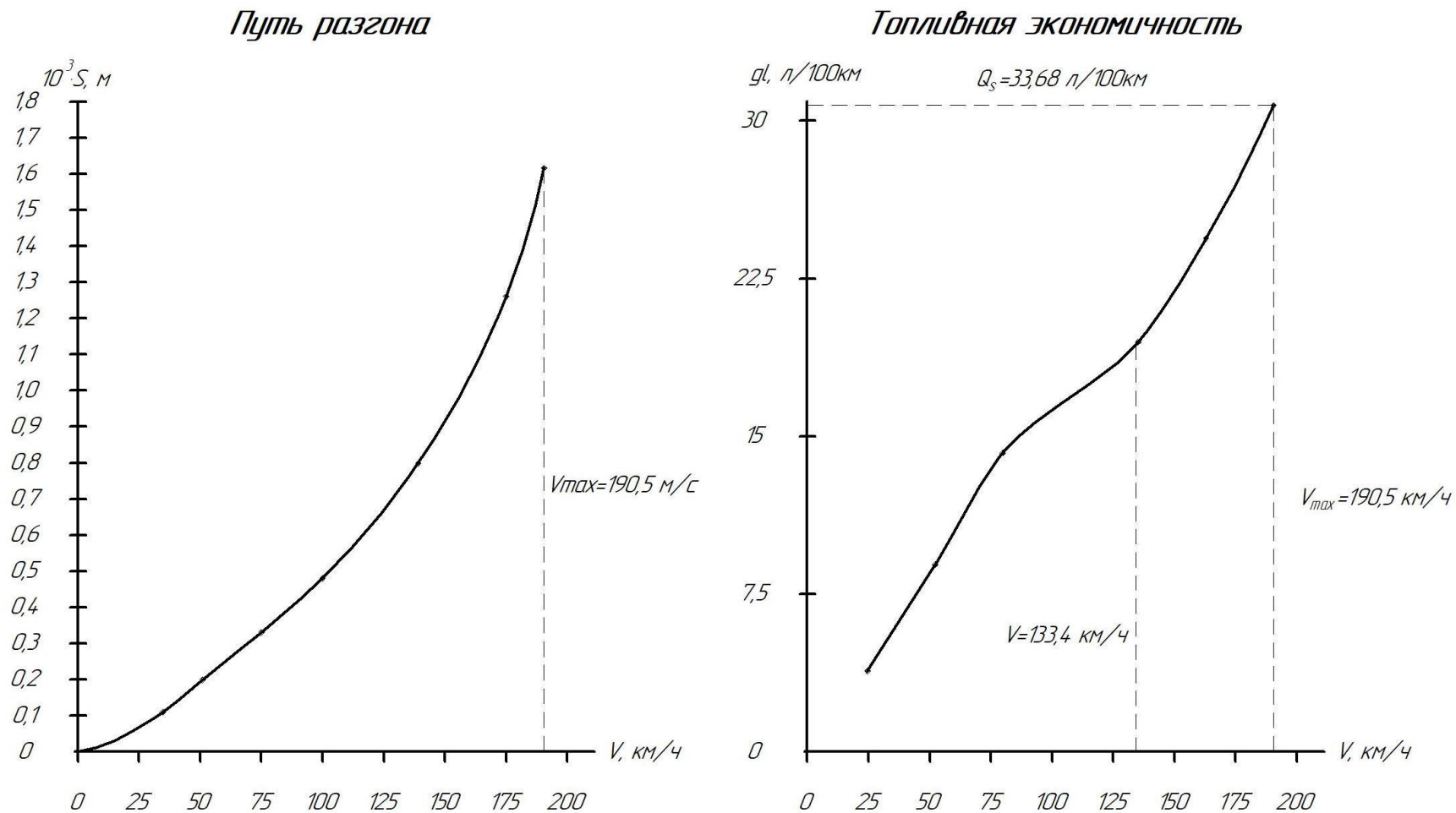


Рисунок А.4 – Графики тягово-динамических характеристик

Приложение Б
Спецификации

Перв. примен.		Формат	Экз.	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
						<i>Документация</i>				
		A4			23.ДП.01.111.61.00.000.ПЗ	Пояснительная записка	1			
		A1			23.ДП.01.111.61.00.000.СБ	Сборочный чертеж	1			
Справ. №						<i>Детали</i>				
				1	23.ДП.01.111.61.00.001	Кронштейн амортизатора	2			
				2	23.ДП.01.111.61.00.002	Амортизатор	2			
				3	23.ДП.01.111.61.00.003	Кронштейн подрамника	2			
				4	23.ДП.01.111.61.00.004	Подрамник	1			
				5	23.ДП.01.111.61.00.005	Буфер сжатия	2			
				6	23.ДП.01.111.61.00.006	Ступица	2			
				7	23.ДП.01.111.61.00.007	Сайлентблок	2			
				8	23.ДП.01.111.61.00.008	Нижний рычаг	2			
				9	23.ДП.01.111.61.00.009	Сайлентблок	4			
Подп. и дата				10	23.ДП.01.111.61.00.010	Сайлентблок	2			
Инв. № дубл.						<i>Стандартные изделия</i>				
Взам. инв. №				11		Винт М14х1,5-6gx8.14H ГОСТ 1477-93	4			
Подп. и дата				12		Винт М10х1,25-6gx8.14H ГОСТ 1477-93	2			
Инв. № подл.					23.ДП.01.111.61.00.000					
		Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата				
		Разраб.	Цыбин ИС				<i>Вид общий подвески</i>	Лит.	Лист	Листов
		Проб.	Прокопьев МВ					Д	1	2
Н.контр.	Прокопьев МВ				ТГУ, АТс-1801а					
Утв.	Бодрабский АВ									

Копировал

Формат А4

Рисунок Б.1 – Спецификация на заднюю подвеску автомобиля

Продолжение Приложения Б

Формат		Этап	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание																			
			13		Винт М12х1,5-6дх8.14Н ГОСТ 1477-93	4																				
			14		Винт М10х1,25-6дх8.14Н ГОСТ 1477-93	4																				
			15		Гайка М14 ГОСТ 2524-70	4																				
			16		Гайка М10 ГОСТ 2524-70	2																				
			17		Гайка М12 ГОСТ 2524-70	4																				
			18		Гайка М10 ГОСТ 2524-70	4																				
			19		Подшипник роликовый конический однорядный ГОСТ 27365-87	2																				
			20		Манжета ГОСТ 8752-79	2																				
			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Инв. № подл.</td> <td style="width: 15%;">Подп. и дата.</td> <td style="width: 15%;">Взам. инв. №</td> <td style="width: 15%;">Инв. № дубл.</td> <td style="width: 15%;">Подп. и дата.</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td colspan="3"> </td> </tr> </table>								Инв. № подл.	Подп. и дата.	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата.											
			Инв. № подл.	Подп. и дата.	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата.																			
								23.ДП.01.111.6100.000		Лист																
Изм. / лист	№ докум.	Подп.	Дата				2																			
					Копировал	Формат А4																				

Рисунок Б.2 – Спецификация на заднюю подвеску автомобиля