

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)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Модернизация передней подвески легкового автомобиля LADA
Niva Travel

Обучающийся

К.К. Гараев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент В.Н. Лата

(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)

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

канд. техн. наук, доцент А.Н. Москалюк

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

канд. филол. наук, доцент М.М. Бажутина

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

Тольятти 2025

Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Модернизация передней подвески легкового автомобиля LADA Niva Travel».

Цель работы представляет разработку модернизированной передней подвески, которая будет обеспечивать лучшие ходовые качества и повышенный срок службы ее компонентов.

Пояснительная записка, состоящая из 99 страниц, содержит в себе введение, шесть разделов, заключение, список используемой литературы и используемых источников, приложения.

Графическая часть состоит из 10 листов чертежей, выполненных на формате A1 с помощью компьютерных программ для конструкторского проектирования.

Дипломный проект полностью соответствует выданному заданию.

В первом разделе рассмотрены наиболее часто применяемые на легковых автомобилях типы подвесок. Произведен анализ серийной передней подвески LADA Niva Travel, выявлены основные недостатки и предложены решения по их устранению.

Во втором разделе произведен расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля.

В третьем разделе рассчитаны параметры жесткости и демпфирования подвески, произведен расчет переднего стабилизатора поперечной устойчивости и расчет пружины передней подвески.

В четвертом разделе разработан новый технологический процесс сборки передней подвески.

В пятом разделе рассмотрены вопросы безопасности и экологичности производства.

В шестом разделе расчетами подтверждена экономическая целесообразность модернизации передней подвески.

Annotation

The thesis project was carried out on the topic: «Modernization of the LADA Niva Travel front suspension».

The aim of the work is to develop an upgraded front suspension, which will provide better driving performance and an extended service life of its components.

The explanatory note, consisting of 99 pages, contains an introduction, six sections, a conclusion, a list of references and sources used, and appendices.

The graphic part consists of 10 sheets of drawings, made in A1 format using computer programs for design engineering.

The graduation project fully corresponds to the assigned task.

The first section discusses the types of suspensions most commonly used on passenger cars. The analysis of the LADA Niva Travel serial front suspension was carried out, the main disadvantages were identified and solutions for their elimination were proposed.

In the second section, the traction dynamics and fuel efficiency of the vehicle are calculated.

In the third section, the parameters of suspension stiffness and damping are calculated, the front stabilizer bar is calculated, and the front suspension spring is calculated.

In the fourth section, a new technological process for assembling the front suspension has been developed.

The fifth section discusses the issues of safety and environmental friendliness of production.

In the sixth section, calculations have confirmed the economic feasibility of upgrading the front suspension.

Содержание

Введение.....	6
1 Состояние вопроса	8
1.1 Подвеска автомобиля. Назначение и устройство	8
1.2 Типы подвесок легковых автомобилей.....	12
1.3 Выбор и обоснование принятого варианта конструкции.....	19
2 Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля	20
2.1 Исходные данные	20
2.2 Определение мощности и момента двигателя	21
2.3 Определение передаточных чисел трансмиссии.....	26
2.4 Анализ тяговой динамики	29
2.5 Анализ динамики разгона. Разгон автомобиля	31
2.6 Мощностной баланс автомобиля.....	34
2.7 Топливно-экономическая характеристика двигателя.....	35
3 Конструкторская часть	38
3.1 Расчет параметров жесткости и демпфирования подвески легкового автомобиля	38
3.2 Расчет переднего стабилизатора поперечной устойчивости	46
3.3 Расчет пружины передней подвески	48
4 Технологическая часть	53
4.1 Анализ технологичности конструкции передней подвески	53
4.2 Разработка технологической схемы сборки передней подвески	53
4.3 Составление перечня сборочных работ	54
4.4 Определение трудоемкости сборки передней подвески	56
5 Безопасность и экологичность проекта	59
5.1 Описание рабочего места, оборудования и выполняемых технологических операций.....	59
5.2 Мероприятия по созданию безопасных условий труда	64

5.4 Обеспечение электробезопасности на производственном участке	67
5.5 Обеспечение пожарной безопасности на производственном участке....	68
5.6 Обеспечение экологической безопасности технологического процесса сборки	69
6 Экономическая эффективность проекта.....	70
6.1 Расчет себестоимости модернизированной подвески	70
6.2 Точка безубыточности производства	77
6.3 Коммерческая эффективность модернизации.....	79
6.4 Экономический эффект от повышения надежности и долговечности проектируемых деталей	84
Заключение	90
Список используемой литературы и используемых источников.....	91
Приложение А. Спецификации.....	94

Введение

Современные автомобили представляют собой сложные механизмы, в которых каждая деталь играет важную роль в его эксплуатации. Одним из ключевых элементов, существенно влияющих на характеристики автомобиля, является его подвеска. Она отвечает за взаимодействие колес с дорогой, смягчает удары от неровностей и обеспечивает стабильность при движении. Однако с развитием технологий и изменением требований потребителей к автомобилям, возникает необходимость в постоянной модернизации подвески.

Автомобиль «Chevrolet Niva», представляющий собой совместный проект российских и зарубежных производителей, стал значимым явлением на рынке внедорожников с момента своего появления в начале 2000-х годов. Этот автомобиль сочетает в себе внедорожные качества «Нивы» и современные технологии, что сделало его популярным как среди любителей активного отдыха, так и среди городских пользователей. Однако, несмотря на свою универсальность и простоту в обслуживании, передняя подвеска автомобиля «LADA Niva Travel» требует модернизации для повышения комфорта и управляемости.

Модернизация подвески автомобиля включает в себя внедрение новых материалов, технологий и конструктивных решений, направленных на улучшение эксплуатационных характеристик и повышение уровня комфорта. В условиях растущей конкуренции на автомобильном рынке, производители стремятся предложить потребителям автомобили, которые не только соответствуют современным стандартам безопасности, но и обеспечивают высокий уровень комфорта и управляемости. Поэтому запросы потребителей стали расти, что делает модернизацию передней подвески «LADA Niva Travel» актуальной задачей.

Цель данной выпускной квалификационной работы заключается в исследовании современных подходов к модернизации подвески автомобиля,

анализе их влияния на эксплуатационные характеристики и выявлении перспективных направлений для дальнейшего совершенствования. В рамках работы будет проведен анализ «слабых» мест и недостатков передней подвески автомобиля «LADA Niva Travel», а также существующих решений, направленных на улучшение характеристик подвески, и оценка их влияния на эксплуатационные качества автомобиля. В работе будут рассмотрены как традиционные методы, так и новые технологии, такие как использование современных пружин, стабилизатора и материалов, а также возможные конструктивные изменения, направленные на улучшение эксплуатационных характеристик автомобиля.

Таким образом, актуальность темы модернизации передней подвески легкового автомобиля «LADA Niva Travel» обусловлена необходимостью соответствия современным требованиям и ожиданиям потребителей, что в свою очередь повысит конкурентоспособность данного автомобиля на рынке.

1 Состояние вопроса

1.1 Подвеска автомобиля. Назначение и устройство

Подвеска автомобиля — это система, которая соединяет кузов автомобиля с колесами и играет ключевую роль в обеспечении комфорта и безопасности во время движения. Подвеска обуславливает положение кузова относительно дороги, смягчает удары и вибрации, возникающие при движении по неровной дороге, что позволяет водителю и пассажирам чувствовать себя комфортно при движении автомобиля по дорогам с различным качеством покрытия. Она обеспечивает предсказуемость управления автомобилем, особенно на поворотах и при маневрировании, помогает поддерживать контакт колес с дорогой. Элементы подвески помогают равномерно распределять вес автомобиля между колесами, что способствует более равномерному износу шин и повышает безопасность движения автомобиля и, кроме этого, подвеска влияет на функциональные свойства автомобиля, такие как: надежность, пассивная безопасность, проходимость, стоимость эксплуатации.

«Подвеска состоит из направляющих (1), упругих (2), гасящих (3) и стабилизирующих (4) элементов» [3]. Условная схема элементов подвески автомобиля представлена на рисунке 1.

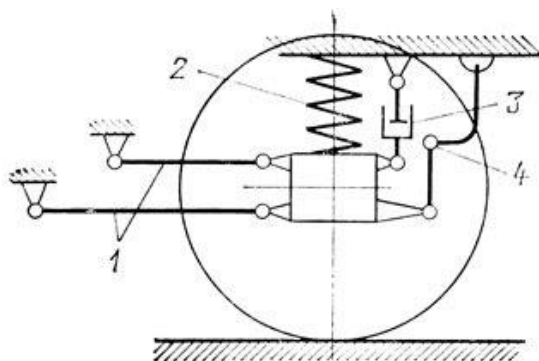


Рисунок 1 – Условная схема элементов подвески автомобиля

Рассмотрим устройство и назначение каждого элемента подвески более подробно.

Направляющие элементы подвески играют ключевую роль в обеспечении стабильности и точного управления автомобилем. Они определяют геометрию подвески, передают продольные и поперечные силы между кузовом и колесами, являются опорным и связующим звеном для других элементов подвески. Их правильное проектирование и функционирование имеют решающее значение для общего качества езды и долговечности автомобиля.

«Направляющие элементы в подвеске могут быть представлены:

- рычагами,
- реактивными штангами,
- тягами,
- рессорами» [2].

Примеры направляющих элементов подвески представлены на рисунке 2 ниже.



Рисунок 2 – Направляющие элементы подвески

«Упругие элементы подвески представлены на большинстве легковых автомобилях разными видами пружин, хотя можно встретить также листовые рессоры – тип упругого элемента, который состоит из нескольких стальных

листов, соединенных между собой – и пневмобаллоны, упругий элемент которого представляет собой баллон, изготовленный из армированной резины, в него подаётся под давлением воздух от специального компрессора» [9].

Упругие элементы подвески принимают на себя нагрузки, которые возникают от дорожного полотна во время движения автомобиля, особенно при движении по дорогам с плохим качеством дорожного покрытия, минимизируют динамические нагрузки и вертикальные ускорения от дороги на кузов, смягчают удары, тем самым обеспечивая комфорт водителю и пассажирам при движении автомобиля. Кроме этого, к назначениям этих элементов следует отнести поддержание кузова на заданной высоте. Упругие элементы подвески изображены на рисунке 3.



Рисунок 3 – Упругие элементы подвески

Основной задачей гасящих элементов (амортизаторов) в подвеске автомобиля является рассеяние энергии колебаний кузова в тепловую энергию за счет трения жидкости. Они предотвращают чрезмерные колебания кузова автомобиля после проезда неровностей. Это помогает сохранить устойчивость автомобиля на дороге и повысить комфорт и безопасность движения.

В настоящее время все чаще автопроизводители применяют амортизаторы с избыточным давлением газа. «По сравнению с

«классическими» амортизаторами, амортизаторы с зарядным давлением газа от 3 до 5 атмосфер обеспечивают более широкий температурный диапазон работы, что положительно сказывается при длительном движении автомобиля в сложных дорожных условиях, но при этом снижается комфорт при движении по ровной дороге» [4]. Амортизатор подвески автомобиля представлен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Амортизатор подвески автомобиля

Стабилизирующий элемент подвески (стабилизатор поперечной устойчивости) – это металлическая штанга, которая соединяет правую и левую стороны подвески. Пример стабилизатора поперечной устойчивости вы можете увидеть на рисунке 5.



Рисунок 5 – Стабилизатор поперечной устойчивости

Стабилизатор, являющийся дополнительным упругим элементом подвески, позволяет, совместно с другими упругими элементами, обеспечить необходимую угловую жесткость подвески. Он помогает уменьшить крен кузова, обеспечивая большую устойчивость и управляемость автомобиля при разноименных ходах подвески и во время прохождения поворотов.

1.2 Типы подвесок легковых автомобилей

В настоящее время существует множество различных типов подвесок, применяемых на легковых автомобилях, каждый из которых имеет свои особенности, преимущества и недостатки. Рассмотрим устройство наиболее распространенных подвесок для автомобилей класса В и С, так как именно на них приходится большая часть автомобильного рынка.

1.2.1 Подвеска типа Макферсон

«Подвеска Макферсон — это один из самых распространенных типов передней подвески, используемый в легковых автомобилях в настоящее время. Она была разработана инженером Эрлом Макферсоном в 1947 году и теперь стала стандартом для многих автопроизводителей» [19].

Подвеска Макферсон изображена на рисунке 6, состоит из амортизатора, пружины, верхней опоры и нижнего рычага. Амортизатор и пружина объединены в одном узле, что делает конструкцию компактной. Верхняя часть амортизатора крепится к кузову через опору, а нижняя — к поворотному кулаку. Нижний рычаг обычно монтируется на подрамнике, а подрамник, в свою очередь, устанавливается на лонжероны кузова с помощью болтов.

К преимуществам данной подвески можно отнести компактность и, как следствие, хорошую компоновку с поперечно расположенным ДВС у переднеприводных автомобилей, низкую неподрессоренную массу, сравнительно большой ход, низкую стоимость, простоту в обслуживании.

Но, несмотря на наличие стольких преимуществ, недостатки у подвески макферсон тоже есть. Основным недостатком является «недостаточно хорошая» кинематика подвески по сравнению, например, с двухрычажной. Помимо этого подвеска Макферсон может быть более подвержена крену кузова при резких поворотах, что может негативно сказаться на стабильности автомобиля. Также следует отметить высокую нагруженность кузова в зоне верхней опоры стойки и минимальный антиклевковый эффект. Повышенная чувствительность передней оси к дисбалансу шин и биению – еще один недостаток подвески Макферсон.



Рисунок 6 – Подвеска Макферсон

В заключении можно сказать, что данный тип подвески является надежным и экономичным решением для многих автомобилей. Хотя она может иметь некоторые ограничения по сравнению с более сложными системами, ее простота и эффективность делают ее достаточно популярной.

1.2.2 Подвеска на двойных поперечных рычагах

«Подвеска на двойных поперечных рычагах, изображенная на рисунке 7, — это одна из самых эффективных и сложных систем независимой подвески, используемая как на передней, так и на задней оси автомобилей. В

настоящее время чаще всего применяется на внедорожниках. Она обеспечивает отличные характеристики управляемости и комфорта» [20].

Как следует из названия, в этой системе используются два поперечных рычага (верхний и нижний). Обычно верхний и нижний шаровые шарниры размещают внутри колеса, рычаги в таком случае крепятся на подрамнике или поперечине передней подвески. Амортизаторы и пружины могут быть установлены отдельно или интегрированы в один узел, в зависимости от конструкции подвески. Колесо крепится к поворотному кулаку, который соединен с рычагами посредством шаровых шарниров.

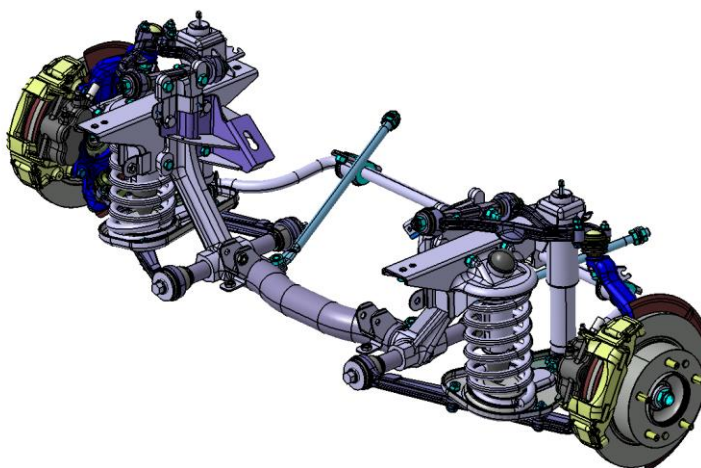


Рисунок 7 – Подвеска на двойных поперечных рычагах

Данная подвеска обладает отличной кинематикой, управляемостью, высокой плавностью хода, предоставляет большие возможности для настройки различных параметров, что позволяет адаптировать ее под конкретные условия эксплуатации.

К недостаткам следует отнести сложность конструкции, что влечет за собой увеличение стоимости производства и обслуживания, необходимость достаточного пространства в кузове автомобиля для размещения, а также достаточно большие значения неподрессоренных масс.

Подвеска на двойных поперечных рычагах — это высокоэффективная система, которая предлагает отличные характеристики управления и комфорта. Несмотря на свою сложность и стоимость, она все еще остается востребованной.

1.2.3 Полунезависимая подвеска

Эта подвеска сочетает в себе элементы как зависимой, так и независимой подвески. Она обеспечивает определенную степень независимости движения колес, но не в такой мере, как полностью независимые системы. Полунезависимая подвеска (рисунок 8) часто применяется на задней оси недорогих легковых автомобилей классов А, В и С.



Рисунок 8 – Полунезависимая подвеска

Полунезависимая подвеска обычно включает в себя один общий элемент, например, торсионную балку, который соединяет два задних продольных рычага, к которым, в свою очередь, прикреплены колеса со ступицами. Это позволяет колесам двигаться относительно друг друга, но не полностью независимо. В большинстве случаев используются пружины и

амортизаторы, верхние части которых закреплены на кузове, а нижние на рычагах задней подвески.

К преимуществам данного типа подвески можно отнести простоту устройства, дешевизну в производстве и последующем обслуживании, компактность. Нужно отметить, что данная подвеска обеспечивает достаточно хорошую устойчивость автомобиля на дороге и может быть эффективна на легком бездорожье.

Недостатки полунезависимой подвески таковы:

- ограниченная независимость колес,
- достаточно большие неподрессоренные массы,
- невозможность использования на ведущих задних мостах,
- невозможность разделить жесткость резинометаллических шарниров в продольном и поперечном направлении,
- более низкий уровень комфорта по сравнению с полностью независимыми системами.

Полунезависимая подвеска — это компромисс между независимой и зависимой подвесками, предлагающий разумный баланс между стоимостью, управляемостью и комфортом. Она подходит для широкого спектра автомобилей, обеспечивая хорошие характеристики для повседневного использования.

1.2.4 Зависимая подвеска с неразрезным мостом

Подвеска с неразрезным мостом — это тип зависимой подвески, в которой колеса одной оси соединены жесткой осью (или мостом), что обеспечивает их синхронное движение. Эта конструкция широко используется на внедорожниках и некоторых легковых автомобилях, поскольку она обладает высокой прочностью и надежностью.

Неразрезной мост представляет собой жесткую балку, которая соединяет два колеса. Эта балка чаще всего выполнена из стали, если говорить про легковые автомобили. Мост также является кожухом для главной

передачи, дифференциала и полуосей, ведь этот тип подвески используют на задне- и полноприводных автомобилях. На мосту обычно устанавливаются пружины и амортизаторы, которые помогают гасить удары и обеспечивают комфорт при движении, но они работают на оба колеса одновременно. Балка заднего моста крепится к кузову посредством продольных и поперечных штанг или тяг. Подвеска с неразрезным мостом изображена на рисунке 9.

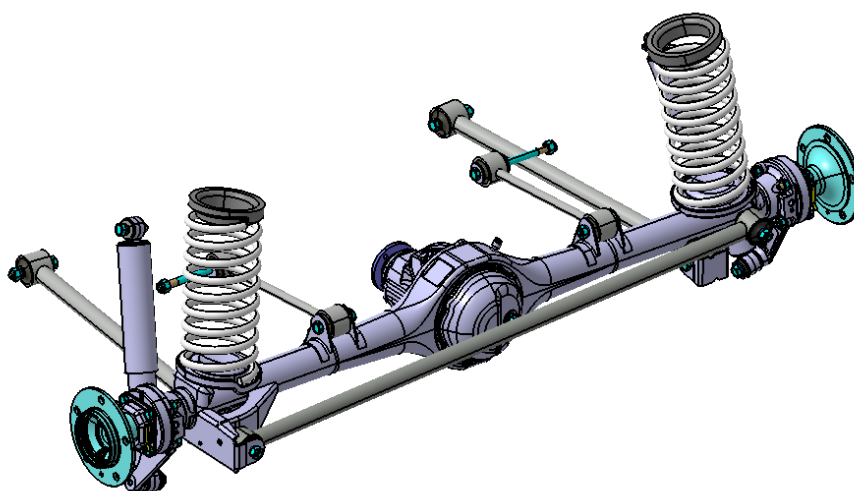


Рисунок 9 – Подвеска с неразрезным мостом

Неразрезной мост способен выдерживать большие нагрузки, что делает его идеальным для тяжелых условий эксплуатации, например, для внедорожных условий. Зависимая подвеска проще в производстве и обслуживании, соответственно дешевле обходится автопроизводителям и владельцам автомобилей. Кроме этого, данный тип подвески обеспечивает хорошую устойчивость на ровных дорогах и при движении по легкому бездорожью.

К недостаткам относятся большая неподрессоренная масса элементов подвески, плохая управляемость и сцепление колес с дорожным покрытием на неровностях и в поворотах, более низкий уровень комфорта, по сравнению с другими типами подвесок.

Подвеска с неразрезным мостом — это надежная и прочная система, которая отлично подходит для определенных типов автомобилей, например для легких коммерческих автомобилей и внедорожников, и тяжелых условий эксплуатации. Несмотря на некоторые ограничения в плане комфорта и управляемости, ее преимущества в прочности и простоте конструкции делают ее популярным выбором для многих производителей.

Выводы по подразделу.

Заканчивая обзор самых наиболее часто встречающихся подвесок, отметим, что подвеска является одним из ключевых компонентов легковых автомобилей, определяющим не только комфорт и управляемость, но и безопасность на дороге. Существуют различные типы подвесок, каждая из которых имеет свои уникальные характеристики, преимущества и недостатки.

Независимые подвески, такие как Макферсон, двухрычажные и многорычажные системы, обеспечивают высокий уровень комфорта и хорошее сцепление с дорогой, что делает их популярными в современных легковых автомобилях. Они позволяют колесам двигаться независимо друг от друга, что особенно важно при движении по неровным покрытиям и в поворотах.

С другой стороны, зависимые подвески, включая подвеску с неразрезным мостом, предлагают простоту конструкции и высокую прочность, что делает их идеальными для внедорожников. Хотя они могут уступать независимым системам в плане комфорта, но надежность и способность справляться с большими нагрузками делают их востребованными в определенных сегментах рынка.

В заключение хочется сказать, что выбор типа подвески зависит от назначения автомобиля и требований к его эксплуатации. Производители автомобилей продолжают разрабатывать и совершенствовать подвески, стремясь достичь оптимального баланса между комфортом, управляемостью,

ценой и надежностью, ведь запросы и требования к автомобилям у потребителей повышаются каждый год.

1.3 Выбор и обоснование принятого варианта конструкции

В процессе анализа передней подвески автомобиля LADA Niva Travel и опыта конструирования и производства АО «АвтоВАЗ» было принято решение разрабатывать пружины холодной навивки и стабилизатор поперечной устойчивости с новой геометрией.

Новые пружины позволят решить одну из проблем данного автомобиля – опускание передней части кузова со временем эксплуатации. Связано это с тем, что в пружинах горячей навивки в ходе эксплуатации возникают касательные напряжения, превышающие допустимые, что приводит к «проседанию» пружин. При изготовлении пружин методом холодной навивки такого не возникает, что даже позволяет использовать прутки меньшего диаметра для их изготовления, тем самым попутно снижая массу автомобиля.

Иная конструкция стабилизатора поперечной устойчивости позволяет решить ещё ряд дефектов в подвеске, такие как: нефункциональные шумы и скрипы при работе стабилизатора, выдавливание подушки стабилизатора из обоймы его крепления. Кроме того, переднее расположение стабилизатора с креплением к передним рычагам через стойки стабилизатора разгружает нижние рычаги и улучшает кинематику передней подвески в целом, предоставляя нижним рычагам больше степеней свободы.

2 Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля

2.1 Исходные данные

«Автомобиль.....	BA3 2123 (LADA Niva Travel)
Колесная формула.....	4x4, полный привод
Количество мест.....	$n = 5$
Масса человека, кг.....	$m_{\text{ч}} = 75$
Длина, мм.....	4099
Ширина, мм.....	$B_{\text{г}} = 1804$
Высота, мм.....	$H_{\text{г}} = 1652$
Масса в снаряженном состоянии, кг.....	$m_0 = 1465$
Размерность шин.....	205/70 R15
Коэффициент аэродинамического сопротивления.....	$C_x = 0,455$
Коэффициент сопротивления качению.....	$f_0 = 0,010$
Коэффициент преодолеваемого уклона.....	$\alpha_{\text{imax}} = 0,30$
Максимальная скорость, м/с.....	$V_{\text{max}} = 38,89$
Максимальная частота вращения коленчатого вала, рад/с.....	$\omega_{\text{max}} = 628$
Минимальная частота вращения коленчатого вала, рад/с	$\omega_{\text{max}} = 90$
Коэффициент полезного действия трансмиссии.....	$\eta_{\text{тр}} = 0,88$
Число передач в коробке передач.....	5
Распределение массы автомобиля по осям, %:	
Передняя ось.....	55
Задняя ось.....	45
Плотность воздуха, кг/м ³	$\rho = 1,293$
Плотность топлива, кг/л.....	$\rho_{\text{т}} = 0,72$ » [16]

2.2 Определение мощности и момента двигателя

2.2.1 Определение полной массы автомобиля

Для начала определим удельную грузоподъемность автомобиля по формуле (1):

$$\eta_m = \frac{m_r}{m_0}, \quad (1)$$

где m_r – грузоподъемность автомобиля, кг;

m_0 – снаряженная масса автомобиля, кг» [16].

$$\eta_m = \frac{450}{1465} = 0,307.$$

Теперь определим полную массу автомобиля по формуле (2):

$$m_a = m_0 + m_q \cdot n + m_\delta, \quad (2)$$

где m_q – масса человека;

n – количество пассажиров, включая водителя;

m_δ – масса багажа, равная по 10 кг на одного человека» [16].

$$m_a = 1465 + 75 \cdot 5 + 50 = 1890 \text{ кг.}$$

Полученное значение будем применять в последующем для расчетов.

2.2.2 Определение статического радиуса колеса

Определим статический радиус колеса по формуле (3):

$$r_{ст} = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H, \quad (3)$$

где d – посадочный диаметр шин, равный 15 дюймов (0,381 м);

λ_z – коэффициент вертикальной деформации, равный 0,85;

H – высота профиля шины, равная 0,1435 м» [16].

$$r_{\text{ст}} = 0,5 \cdot 0,381 + 0,85 \cdot 0,1435 = 0,312 \text{ м},$$

$$\llbracket r_{\text{ст}} \approx r_{\text{д}} \approx r_{\text{к}}, \rrbracket \quad (4)$$

где $r_{\text{д}}$ – динамический радиус колеса;

$r_{\text{к}}$ – радиус качения колеса» [16].

В нашем расчете принимаем динамический радиус колеса и радиус качения колеса равными статическому радиусу колеса.

2.2.3 Определение коэффициента обтекаемости

Далее найдем коэффициент обтекаемости автомобиля по формуле (5):

$$\llbracket k = \frac{C_x \cdot \rho}{2}, \rrbracket \quad (5)$$

где C_x – коэффициент аэродинамического сопротивления;

ρ – плотность воздуха, кг/м³» [16].

$$k = \frac{0,455 \cdot 1,293}{2} = 0,294 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^4}.$$

В результате расчета полученное значение коэффициента обтекаемости составляет 0,294 Н·с²/м⁴.

2.2.4 Расчет лобовой площади автомобиля

Затем рассчитаем лобовую площадь автомобиля по формуле (6):

$$\llbracket F = 0,8 \cdot B_{\text{г}} \cdot H_{\text{г}}, \rrbracket \quad (6)$$

где $B_{\text{г}}$ – габаритная ширина автомобиля, м;

$H_{\text{г}}$ – габаритная высота автомобиля, м» [16].

$$F = 0,8 \cdot 1,804 \cdot 1,652 = 2,384 \text{ м}^2.$$

Значение величины лобовой площади автомобиля понадобится нам при расчете для определения внешней скоростной характеристики двигателя.

2.2.5 Расчет коэффициента сопротивления качению при максимальной скорости

Для расчетов впоследствии нам понадобится коэффициент сопротивления качению автомобиля при максимальной скорости, рассчитаем же его по формуле (7):

$$f = f_0 \cdot \left(1 + \frac{V_{\max}^2}{2000} \right), \quad (7)$$

где f_0 – коэффициент сопротивления качению;

$V_{\max}$ – максимальная скорость автомобиля, м/с» [16].

$$f = 0,010 \cdot \left(1 + \frac{(38,89)^2}{2000} \right) = 0,0176.$$

В ходе расчета мы получили значение коэффициента сопротивления качению при максимальной скорости, равное 0,0176.

2.2.6 Определение внешней скоростной характеристики двигателя

Сначала определим мощность двигателя при максимальной скорости автомобиля с помощью формулы мощностного баланса (8) с учетом КПД трансмиссии:

$$N_v = \frac{1}{\eta_{\text{тр}}} \cdot \left(G_a \cdot \psi_v \cdot V_{\max} + \frac{C_x \cdot \rho}{2} \cdot F \cdot V_{\max}^3 \right), \quad (8)$$

где $\eta_{\text{тр}}$ – КПД трансмиссии;

G_a – полный вес автомобиля, Н;

ψ_v – коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля.

$$G_a = m_a \cdot g, \quad (9)$$

где g – ускорение свободного падения, равное $9,81 \text{ м/с}^2$ » [16].

$$G_a = 1890 \cdot 9,81 = 18540,9 \text{ Н.}$$

«Для легковых автомобилей коэффициент суммарного дорожного сопротивления назначают равным коэффициенту качения при максимальной скорости:

$$\psi_v = f = 0,0176 \text{» [16],}$$

$$N_v = \frac{1}{0,88} \cdot \left(18540,9 \cdot 0,0176 \cdot 38,89 + \frac{0,455 \cdot 1,293}{2} \cdot 2,384 \cdot (38,89)^3 \right) \\ = 64161,4 \text{ Вт} \approx 64,2 \text{ кВт.}$$

«Далее находим максимальную мощность двигателя в зависимости от его типа:

$$N_{\max} = \frac{N_v}{a \cdot \lambda + b \cdot \lambda^2 - c \cdot \lambda^3}, \quad (10)$$

где a, b, c – эмпирические коэффициенты, ($a = b = c = 1$);

$\lambda = \frac{\omega_{\max}}{\omega_n}$ – отношение максимальной частоты вращения коленчатого вала к частоте вращения коленчатого вала при максимальной скорости, принимаем равным 1,1» [16].

$$N_{\max} = \frac{64161,4}{1 \cdot 1,1 + 1 \cdot 1,1^2 - 1 \cdot 1,1^3} = 65537,7 \text{ Вт} = 65,5 \text{ кВт.}$$

«Определим частоту вращения коленчатого вала при максимальной мощности:

$$\omega_N = \frac{\omega_{\max}}{\lambda}, \quad (11)$$

где $\omega_{\max}$ – максимальная частота вращения коленчатого вала, рад/с» [16].

$$\omega_N = \frac{628}{1,1} = 571 \text{ рад/с.}$$

По полученным значениям $N_{\max}$ и N_v рассчитаем внешнюю скоростную характеристику двигателя по формуле (12):

$$\langle N_e = N_{\max} \cdot \left[a \cdot \frac{\omega_e}{\omega_N} + b \cdot \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - c \cdot \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right], \quad (12)$$

где ω_e – значения угловой скорости коленчатого вала, рад/с» [16].

Затем рассчитаем эффективный момент двигателя по формуле (13):

$$\langle M_e = \frac{N_e}{\omega_e} \rangle [2]. \quad (13)$$

Примем минимальную частоту вращения коленчатого вала $\omega_{\min}$ равной 90 рад/с. Произведем расчеты и результаты расчетов запишем в таблицу 1:

Таблица 1 – Зависимость эффективной мощности двигателя и эффективного момента от угловой скорости коленчатого вала

ω_e , рад/с	90	167	244	321	398	475	552	628
N_e , кВт	11,69	23,12	34,84	45,89	55,30	62,11	65,36	64,13
M_e , Нм	129,89	138,44	142,79	142,96	138,94	130,76	118,41	102,12

По данным из таблицы 1 был построен график внешней скоростной характеристики двигателя, который размещен на листе А1.

2.3 Определение передаточных чисел трансмиссии

2.3.1 Определение передаточного числа главной передачи

«Передаточное число главной передачи U_0 определяется, исходя из максимальной скорости автомобиля по формуле (14):

$$U_0 = \frac{r_k}{U_k \cdot U_{p1}} \cdot \frac{\omega_{\max}}{V_{\max}}, \quad (14)$$

где U_k – передаточное число высшей передачи в коробке передач, на которой обеспечивается максимальная скорость автомобиля;

U_{p1} – передаточное число повышающей передачи в раздаточной коробке, принимаем равным 1,2;

$\omega_{\max}$ – максимальная угловая скорость вращения коленчатого вала двигателя, рад/с» [16].

$$U_0 = \frac{0,312}{1 \cdot 1,2} \cdot \frac{628}{38,89} = 4,2.$$

Однако, передаточное число главной передачи автомобиля Lada Niva Travel равно 3,9, поэтому для дальнейших расчетов будем использовать его.

2.3.2 Определение передаточных чисел коробки передач

«Для обеспечения возможности движения автомобиля при заданном максимальном дорожном сопротивлении тяговая сила на ведущих колесах P_T должна быть больше силы сопротивления дороги P_d , то есть:

$$U_1 \geq \frac{G_a \cdot \psi_{\max} \cdot r_k}{M_{\max} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot U_0 \cdot U_{p1}}, \quad (15)$$

где $\psi_{\max}$ – максимальный коэффициент сопротивления дороги;

$M_{\max}$ – максимальный эффективный момент двигателя, Н/м.

$$\psi_{\max} = \alpha_{\max} + f_0 = 0,30 + 0,010 = 0,310 \text{ [16]}, \quad (16)$$

$$U_1 \geq \frac{18540,9 \cdot 0,310 \cdot 0,312}{142,96 \cdot 0,88 \cdot 3,9 \cdot 1,2} \geq 3,05.$$

«Во избежание буксования ведущих колес тяговая сила на первой передаче должна быть меньше силы сцепления колес с дорогой:

$$U_1 \leq \frac{G_{\text{сц}} \cdot \varphi \cdot r_k}{M_{\max} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot U_0 \cdot U_{p2}}, \quad (17)$$

где $G_{\text{сц}}$ – сцепной вес автомобиля, Н;

φ – коэффициент сцепления ведущих колес с дорогой на сухом асфальтовом шоссе в хорошем состоянии, принимаем равным 0,8;

U_{p2} – передаточное число понижающей передачи в раздаточной коробке, принимаем равным 2,1.

Для полноприводных автомобилей $G_{\text{сц}} = G_a$ [16].

$$U_1 \leq \frac{18540,9 \cdot 0,8 \cdot 0,312}{142,96 \cdot 0,88 \cdot 3,9 \cdot 2,1} \leq 4,49.$$

Принимаем $U_1=3,7$ и определим передаточные числа остальных передач:

$$U_2 = 2,10,$$

$$U_3 = 1,36,$$

$$U_4 = 1,00,$$

$$U_5 = 0,82.$$

«Передаточное число для заднего хода автомобиля определяется во время компоновки коробки передач.

$$U_{\text{з.х.}} = 0,95 \cdot U_1 = 0,95 \cdot 3,7 = 3,44 \text{ [16]}. \quad (18)$$

«Расчет передаточного числа понижающей передачи раздаточной коробки можно произвести исходя из условия отсутствия буксования ведущих колес. Для этого используется формула:

$$U_p = \frac{G_{\text{сц}} \cdot \varphi \cdot r_k}{M_{\text{max}} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot U_0 \cdot U_1} \gg [16]. \quad (19)$$

$$U_p = \frac{18540,9 \cdot 0,8 \cdot 0,312}{142,96 \cdot 0,88 \cdot 3,9 \cdot 3,7} = 2,127.$$

В соответствии с принятыми числами произведем расчет скорости автомобиля на разных передачах по формуле (20):

$$V = \frac{r_k \cdot \omega_b}{U_0 \cdot U_k \cdot U_{p1}}, \quad (20)$$

где U_k – передаточное число выбранной передачи коробки передач» [16].

Результаты расчета скоростей запишем в таблицу 2:

Таблица 2 – Скорость автомобиля на различных передачах

$\omega_b, \text{с}^{-1}$	Скорость на передаче, м/с				
	1	2	3	4	5
90	1,51	2,33	3,59	5,57	6,96
167	2,79	4,33	6,67	10,34	12,92
244	4,08	6,32	9,75	15,10	18,88
321	5,37	8,31	12,82	19,87	24,84
398	6,66	10,31	15,90	24,64	30,80
475	7,95	12,30	18,97	29,40	36,76
552	9,24	14,30	22,05	34,17	42,71
628	10,51	16,27	25,08	38,88	48,60

Передаточные числа высших передач могут быть несколько сближены с учетом потерь скорости автомобиля при переключении передач и

использовании наибольшей средней мощности двигателя при разгоне на высших передачах. Поэтому должно выполняться неравенство:

$$\frac{U_3}{U_4} \geq \frac{U_4}{U_5}, \quad (21)$$
$$\frac{1,36}{1} > \frac{1}{0,82}.$$

Как мы можем видеть, в данном случае неравенство выполняется.

2.4 Анализ тяговой динамики

2.4.1 Тяговый баланс автомобиля

Сила тяги на ведущих колесах автомобиля, в зависимости от скорости автомобиля, для каждой из передач в коробке передач:

$$«P_T = \frac{U_K \cdot U_0 \cdot U_{p1} \cdot M_e \cdot \eta_{тр}}{r_K}» [16]. \quad (22)$$

«При движении автомобиль приобретает силу сопротивления воздуха, которую определяют по формуле (23):

$$P_B = \frac{1}{2} C_x \cdot \rho \cdot F \cdot V^2» [16]. \quad (23)$$

Силу сопротивления качению автомобиля определим по формуле (24):

$$«P_d = G_a \cdot f» [16]. \quad (24)$$

Суммарная сила сопротивления движению автомобиля:

$$P_{\Sigma} = P_{\text{в}} + P_{\text{д}}. \quad (25)$$

Результаты расчетов сведем в таблицы 3 и 4:

Таблица 3 – Тяговая сила автомобиля на различных передачах

$\omega_{\text{в}}, \text{с}^{-1}$	Тяговая сила на ведущих колесах, на передачах, Н					Сила сопротивления на 5 передаче, Н		
	1	2	3	4	5	$P_{\text{в}}$	$P_{\text{д}}$	P_{Σ}
90	6831,81	4412,98	2861,98	1846,44	1477,15	33,97	227,88	261,85
167	7281,52	4703,47	3050,37	1967,98	1574,38	117,06	241,06	358,12
244	7510,31	4851,26	3146,21	2029,81	1623,85	249,97	262,14	512,11
321	7519,27	4857,03	3149,96	2032,23	1625,79	432,70	291,13	723,83
398	7307,82	4720,45	3061,38	1975,09	1580,07	665,25	328,02	993,27
475	6877,57	4442,54	2881,15	1858,80	1487,04	947,63	372,82	1320,45
552	6228,00	4022,95	2609,03	1683,24	1346,59	1279,22	425,42	1704,64
628	5371,20	3469,50	2250,10	1451,68	1161,34	1656,38	485,25	2141,63

По значениям данных из таблицы 3 был построен график силового баланса автомобиля, который находится на листе А1.

Таблица 4 – Сила сопротивления воздуха при различной скорости автомобиля

1		2		3		4		5	
V, м/с	$P_{\text{в}}, \text{Н}$	V, м/с	$P_{\text{в}}, \text{Н}$	V, м/с	$P_{\text{в}}, \text{Н}$	V, м/с	$P_{\text{в}}, \text{Н}$	V, м/с	$P_{\text{в}}, \text{Н}$
1,51	1,60	2,33	3,81	3,59	9,04	5,57	21,76	6,96	33,97
2,79	5,46	4,33	13,15	6,67	31,20	10,34	74,98	12,92	117,06
4,08	11,67	6,32	28,01	9,75	66,66	15,10	159,90	18,88	249,97
5,37	20,22	8,31	48,43	12,82	115,26	19,87	276,87	24,84	432,70
6,66	31,11	10,31	74,54	15,90	177,29	24,64	425,76	30,80	665,25
7,95	44,32	12,30	106,10	18,97	252,36	29,40	606,15	36,76	947,63
9,24	59,87	14,30	143,40	22,05	340,96	34,17	818,80	42,71	1279,22
10,51	77,46	16,27	185,64	25,08	441,10	38,88	1060,08	48,60	1656,38

Таким образом, теперь мы знаем значения силы сопротивления воздуха для нужных нам скоростей, они пригодятся для вычисления динамического фактора автомобиля.

2.4.2 Динамическая характеристика автомобиля

«Динамическим фактором D автомобиля называют отношение разности силы тяги и силы сопротивления воздуха к весу автомобиля, определим его по формуле (26):

$$D = \frac{P_T - P_B}{G_a} \gg [16]. \quad (26)$$

Результаты расчетов динамического фактора сведены в таблицу 5.

Таблица 5 – Результаты расчетов динамического фактора D и коэффициента сопротивления f

$\omega_B,$ c^{-1}	Динамический фактор D на передаче					Коэффициент сопротивления качению f				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
90	0,3684	0,2378	0,1539	0,0984	0,0778	0,0100	0,0100	0,0101	0,0102	0,0103
167	0,3924	0,2530	0,1628	0,1021	0,0786	0,0100	0,0101	0,0103	0,0105	0,0108
244	0,4044	0,2601	0,1661	0,1009	0,0741	0,0101	0,0102	0,0105	0,0112	0,0118
321	0,4045	0,2594	0,1637	0,0952	0,0643	0,0102	0,0103	0,0108	0,0120	0,0131
398	0,3925	0,2506	0,1556	0,0836	0,0493	0,0103	0,0105	0,0113	0,0130	0,0148
475	0,3686	0,2339	0,1418	0,0676	0,0291	0,0103	0,0108	0,0118	0,0143	0,0168
552	0,3327	0,2092	0,1223	0,0466	0,0036	0,0104	0,0110	0,0124	0,0159	0,0191
628	0,2855	0,1771	0,0976	0,0211	-0,026	0,0106	0,0113	0,0132	0,0176	0,0218

Динамический фактор автомобиля представлен на листе А1 данной работы.

2.5 Анализ динамики разгона. Разгон автомобиля

«Ускорение во время разгона определяют для случая движения автомобиля по горизонтальной дороге ($i=0$) с твердым покрытием хорошего качества при максимальном использовании мощности двигателя и отсутствия буксования ведущих колес. Ускорение находят из выражения (27):

$$J = \frac{(D - f) \cdot g}{\delta_{вр}}, \quad (27)$$

Откуда

$$\delta_{вр} = 1 + \frac{(I_m \cdot \eta_{тр} \cdot U_{тр}^2 + I_k) \cdot g}{G_a \cdot r_k^2}, \quad (28)$$

где I_m – момент инерции вращающихся частей двигателя, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$;

$U_{тр}$ – передаточное число трансмиссии;

I_k – суммарный момент инерции ведущих колес, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$.

Если точное значение I_m и I_k неизвестно, то $\delta_{вр}$ определяют по формуле:

$$\delta_{вр} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_k^2), \quad (29)$$

где U_k – передаточное число коробки передач на данной передаче;

δ_1 – коэффициент учета вращающихся масс колес, принимаем равным 0,4;

δ_2 – коэффициент учета вращающихся масс двигателя, принимаем равным 0,4» [16].

Результаты расчетов ускорений J и обратных ускорений $1/J$ сведены в таблицу 6.

Таблица 6 – Ускорение и обратное ускорение на передачах

$\omega_B,$ с^{-1}	Ускорение на передаче, $\text{м}/\text{с}^2$					Величина, обратная ускорению на передаче, $\text{с}^2/\text{м}$				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
90	2,202	1,747	1,225	0,783	0,603	0,454	0,572	0,816	1,277	1,658
167	2,350	1,864	1,300	0,813	0,604	0,426	0,536	0,769	1,230	1,656
244	2,423	1,918	1,326	0,795	0,552	0,413	0,521	0,754	1,258	1,812
321	2,423	1,911	1,301	0,734	0,447	0,413	0,523	0,769	1,362	2,237
399	2,349	1,841	1,227	0,618	0,291	0,426	0,543	0,815	1,618	3,436

Продолжение таблицы 6

$\omega_B, \text{с}^{-1}$	Ускорение на передаче, м/с^2					Величина, обратная ускорению на передаче, $\text{с}^2/\text{м}$				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
475	2,200	1,710	1,102	0,458	0,083	0,455	0,585	0,907	2,183	12,048
552	1,978	1,516	0,927	0,251	—	0,506	0,660	1,079	3,984	—
628	1,685	1,265	0,706	0	—	0,593	0,791	1,416	∞	—

«Время и путь разгона автомобиля определяем графоаналитическим способом. Интегрирование заменяем суммой конечных величин.

$$\Delta t = \int_{V_1}^{V_2} \frac{1}{J} \cdot dv \approx \left(\frac{1}{J_{cp}} \right)_k \cdot (V_2 - V_1). \quad (30)$$

Кривая обратных ускорений разбивается на интервалы, принимаем, что в каждом интервале автомобиль разгоняется с постоянным ускорением $J=\text{const}$, которому соответствуют значения $\left(\frac{1}{J_{cp}} \right)_n = \text{const}$:

$$\left(\frac{1}{J_{cp}} \right)_n = \frac{\left(\frac{1}{J} \right)_{n-1} + \left(\frac{1}{J} \right)_n}{2}. \quad (31)$$

Аналогичным образом проводится графическое интегрирование зависимости $t = f(V)$ для получения зависимости пути разгона S от скорости автомобиля.

Разбивается график времени разгона автомобиля на интервалы по времени, для каждого из которых находим соответствующие значения V_{cpk} .

Путь разгона автомобиля находим по формуле (32):

$$\Delta S_k = \frac{(V_k - V_{k-1})}{2} \cdot (t_k - t_{k-1}) = V_{cpk} \cdot \Delta t_k \text{ [16]}. \quad (32)$$

Результаты расчетов приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Значения времени и пути разгона автомобиля

V, м/с	1/J, с ² /м	1/J _{ср} , с ² /м	t, с	ΔS, м	S, м
0	0	0	0	0	0
5,8	0,502	0,251	1,456	4,222	4,222
11,6	0,472	0,487	4,281	24,578	28,8
17,4	0,643	0,558	7,515	46,893	71,471
23,2	0,892	0,768	11,967	90,376	137,269
29	1,249	1,071	18,176	162,055	252,431
34,8	1,692	1,471	26,705	272,075	434,13
39	3,627	2,660	42,13	581,523	853,598

Графики времени и пути разгона автомобиля представлены на листе А1.

2.6 Мощностной баланс автомобиля

«По аналогии с уравнением силового баланса записывается уравнение мощностного баланса:

$$N_T = N_e - N_{тр} = N_f + N_{\pi} + N_B + N_{и}, \quad (33)$$

где N_T – тяговая мощность, кВт;

$N_{тр}$ – мощность, теряемая в агрегатах трансмиссии, кВт;

N_f – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления качения колес, кВт;

N_{π} – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления подъему, кВт;

N_B – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления воздуха, кВт;

$N_{и}$ – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления дороги, кВт.

$$N_T = N_e \cdot \eta_{тр}, \quad (34)$$

$$N_f = P_f \cdot V, \quad (35)$$

$$N_{п} = P_{п} \cdot V, \quad (36)$$

$$N_b = P_b \cdot V, \quad (37)$$

$$N_{и} = P_{и} \cdot V, \quad (38)$$

$$N_D = P_D \cdot V = N_f + N_{п} \gg [16]. \quad (39)$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 8:

Таблица 8 – Значения затраченных мощностей

V, м/с	5,57	10,34	15,10	19,87	24,64	29,40	34,17	38,88
N _e , кВт	11,69	23,12	34,84	45,89	55,30	62,11	65,36	64,13
N _T , кВт	10,29	20,35	30,66	40,38	48,66	54,66	57,52	56,43
N _b , кВт	0,121	0,775	2,414	5,501	10,491	17,821	27,978	41,216
N _D , кВт	1,260	2,416	3,752	5,305	7,127	9,376	12,037	15,210
N _b +N _D , кВт	1,381	3,191	6,166	10,806	17,618	27,197	40,015	56,426
(N _b +N _D)/N _T	0,134	0,157	0,201	0,268	0,362	0,498	0,696	1,000

График мощностного баланса представлен на листе А1.

2.7 Топливоно-экономическая характеристика двигателя

«Для получения топливоно-экономической характеристики следует рассчитать расход топлива при движении автомобиля на высшей передаче по горизонтальной дороге с заданными постоянными скоростями от минимально устойчивой до максимальной.

Путевой расход топлива:

$$q_{п} = \frac{K_{ск} \cdot K_{и} \cdot (P_D + P_b) \cdot q_{emin} \cdot 1,1}{36000 \cdot \rho_T \cdot \eta_{тр}}, \quad (40)$$

где K_{ck} – коэффициент, учитывающий соответственно изменения эффективного расхода топлива в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя;

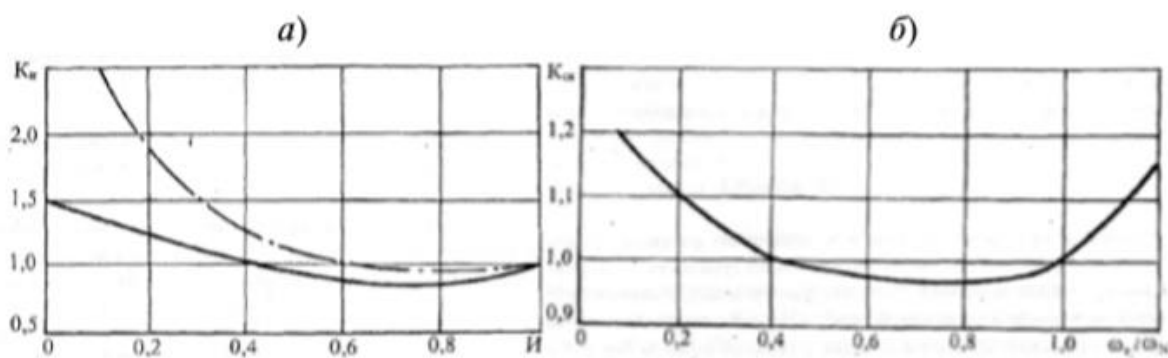
$K_{и}$ – коэффициент, учитывающий соответственно изменения эффективного расхода топлива в зависимости от мощности двигателя;

q_{emin} – удельный эффективный расход топлива, равный 290 г/кВт·ч;

ρ_T – плотность топлива.

Коэффициенты k_{ck} и $k_{и}$ определяем по графикам на рисунке (10), на котором приведены примерные значения $k_{и}$: штриховая линия характеризует изменение коэффициента для бензиновых двигателей, а сплошная – для дизелей. Кривая k_{ck} относится к двигателям обоих типов.

Коэффициент $k_{и}$ определяем по значениям степени использования мощности двигателя I , а k_{ck} – по отношению угловых скоростей $\frac{\omega_e}{\omega_N}$ [16].



Зависимости: а – изменение коэффициента $k_{и}$, б – изменение коэффициента k_{ck} .

Рисунок 10 – Графики к расчету топливно-экономической характеристики

Рассчитанные данные запишем в таблицу 9.

Таблица 9 – Путевой расход топлива

V, м/с	K _н	И	K _{ск}	q _п , л/100км
6,96	2,5	0,134	1,14	10,29
12,92	2,2	0,157	1,11	12,06
18,88	1,9	0,201	1,07	14,36
24,84	1,6	0,268	1,01	16,13
30,80	1,4	0,362	0,95	18,22
36,76	1,2	0,498	0,95	20,76
42,71	0,9	0,696	0,98	20,73
48,60	1	1	1	29,54

В результате подраздела была получена топливно-экономическая характеристика автомобиля, которая представлена на листе А1, как и все остальные графики тягового расчета.

3 Конструкторская часть

3.1 Расчет параметров жесткости и демпфирования подвески легкового автомобиля

3.1.1 Исходные данные

Снаряженная масса автомобиля, кг.....	$m_0 = 1465$ кг
Процент массы автомобиля, приходящийся на переднюю ось, с загрузкой 3 человека, %.....	$\Delta_F = 53$
Процент массы автомобиля, приходящийся на заднюю ось, с загрузкой 3 человека, %.....	$\Delta_R = 47$
Величина неподрессоренной массы на переднее колесо, кг.....	$m_{KF} = 53,7$
Величина неподрессоренной массы на заднее колесо, кг.....	$m_{KR} = 59$
Собственная частота колебаний передней поддрессоренной массы, Гц...f _F	$f_F = 1,12$
Собственная частота колебаний задней поддрессоренной массы, Гц.....f _R	$f_R = 1,36$
Жесткость передней шины, Н/мм.....	$C_{KF} = 210$
Жесткость задней шины, Н/мм.....	$C_{KR} = 210$
Передаточное число передней пружины.....	$i_{PPF} = 1,903$
Передаточное число задней пружины.....	$i_{PPR} = 1,01$
Коэффициент относительного демпфирования колебаний передней поддрессоренной массы.....	$\psi_F = 0,5$
Коэффициент относительного демпфирования колебаний задней поддрессоренной массы.....	$\psi_R = 0,67$
Градиент поперечного крена, град/м/с ²	$\frac{\varphi}{j_Y} = 0,6$
Плечо поперечного крена, м.....	$h_\varphi = 0,6$
Процент распределения угловой жесткости подвески на переднюю ось автомобиля, %.....	$\Delta_{C\varphi} = 62\%$
Колея передней подвески, м.....	$B_F = 1,466$
Колея задней подвески, м.....	$B_R = 1,456$

3.1.2 Расчет характеристик подвесок

Произведем расчет характеристик передней и задней подвесок, согласно методике, которая представлена ниже.

Для начала рассчитаем массу автомобиля с загрузкой 3 человека (водитель и два пассажира) по формуле (41), так как автомобиль чаще всего эксплуатируется именно с такой загрузкой:

$$m_A = m_0 + 3 \cdot m_{\text{ч}}, \quad (41)$$

где m_0 – снаряженная масса автомобиля;

$m_{\text{ч}}$ – масса человека, равная 75 кг» [16].

$$m_A = 1465 + 3 \cdot 75 = 1690 \text{ кг.}$$

Далее рассчитаем массу автомобиля с загрузкой 3 человека, приходящуюся на переднюю ось:

$$m_{AF} = m_A \cdot \frac{\Delta_F}{100}, \quad (42)$$

где Δ_F – процент массы автомобиля, приходящийся на переднюю ось, с загрузкой 3 человека» [14].

$$m_{AF} = 1690 \cdot \frac{53}{100} = 895,7 \text{ кг.}$$

Затем рассчитаем массу автомобиля с загрузкой 3 человека, приходящуюся на заднюю ось:

$$m_{AR} = m_A \cdot \frac{\Delta_R}{100}, \quad (43)$$

где Δ_R – процент массы автомобиля, приходящийся на заднюю ось, с загрузкой 3 человека» [14].

$$m_{AR} = 1690 \cdot \frac{47}{100} = 794,3 \text{ кг.}$$

Тогда поддрессоренная масса автомобиля с загрузкой 3 человека, приходящаяся на одно колесо передней оси будет равна:

$$\ll m_{AFP} = \frac{m_{AF}}{2} - m_{KF}, \quad (44)$$

где m_{KF} – величина неподдрессоренной массы на переднее колесо, кг» [14].

$$m_{AFP} = \frac{895,7}{2} - 53,7 = 394,15 \text{ кг.}$$

В то время как поддрессоренная масса автомобиля с загрузкой 3 человека, приходящаяся на одно колесо задней оси будет вычислена по формуле (45):

$$\ll m_{ARP} = \frac{m_{AR}}{2} - m_{KR}, \quad (45)$$

где m_{KR} – величина неподдрессоренной массы на заднее колесо, кг» [14].

$$m_{ARP} = \frac{794,3}{2} - 59 = 338,15 \text{ кг.}$$

Вертикальную жесткость передней подвески на одно колесо с учетом жесткости шин рассчитаем по формуле (46):

$$\ll C_{F\Sigma} = \frac{(2 \cdot \pi \cdot f_F)^2 \cdot m_{AFP}}{1000}, \quad (46)$$

где f_F – собственная частота колебаний передней поддрессоренной массы, Гц» [21].

$$C_{F\Sigma} = \frac{(2 \cdot 3,14 \cdot 1,12)^2 \cdot 394,15}{1000} = 19,519 \text{ Гц.}$$

Аналогично предыдущему расчету, вычислим вертикальную жесткость задней подвески на одно колесо с учетом жесткости шин:

$$\llcorner C_{R\Sigma} = \frac{(2 \cdot \pi \cdot f_R)^2 \cdot m_{ARP}}{1000}, \quad (47)$$

где f_R – собственная частота колебаний задней поддрессоренной массы, Гц» [21].

$$C_{R\Sigma} = \frac{(2 \cdot 3,14 \cdot 1,36)^2 \cdot 338,15}{1000} = 24,691 \text{ Гц.}$$

Теперь рассчитаем вертикальную жесткость передней подвески на одно колесо без учета жесткости шин:

$$\llcorner C_F = \frac{C_{KF} \cdot C_{F\Sigma}}{C_{KF} - C_{F\Sigma}}, \quad (48)$$

где C_{KF} – жесткость передней шины, Н/мм» [14].

$$C_F = \frac{210 \cdot 19,519}{210 - 19,519} = 21,519 \text{ Н/мм.}$$

Вертикальная жесткость задней подвески на одно колесо без учета жесткости шин:

$$\llcorner C_R = \frac{C_{KR} \cdot C_{R\Sigma}}{C_{KR} - C_{R\Sigma}}, \quad (49)$$

где C_{KR} – жесткость задней шины, Н/мм» [14].

$$C_R = \frac{210 \cdot 24,691}{210 - 24,691} = 27,981 \text{ Н/мм.}$$

После этого, вычислим нагрузку на переднюю пружину по формуле (50):

$$\llcorner P_{\text{ПР}F} = 9,81 \cdot m_{AFP} \cdot i_{\text{ПР}F}, \quad (50)$$

где $i_{\text{ПР}F}$ – передаточное число передней пружины» [22].

$$P_{\text{ПР}F} = 9,81 \cdot 394,15 \cdot 1,903 = 7358,162 \text{ Н.}$$

Нагрузку на заднюю пружину находим аналогично расчету нагрузки на переднюю пружину:

$$\llcorner P_{\text{ПР}R} = 9,81 \cdot m_{ARP} \cdot i_{\text{ПР}R}, \quad (51)$$

где $i_{\text{ПР}R}$ – передаточное число задней пружины» [22].

$$P_{\text{ПР}R} = 9,81 \cdot 338,15 \cdot 1,01 = 3350,424 \text{ Н.}$$

Имея необходимые данные, теперь мы можем рассчитать жесткости передней и задней пружин по формулам (52) и (53) соответственно.

$$C_{\text{ПР}F} = C_F \cdot i_{\text{ПР}F}^2 = 21,519 \cdot 1,903^2 = 77,929 \text{ Н/мм}, \quad (52)$$

$$C_{\text{ПР}R} = C_R \cdot i_{\text{ПР}R}^2 = 27,981 \cdot 1,01^2 = 28,543 \text{ Н/мм.} \quad (53)$$

Следом рассчитаем коэффициент сопротивления переднего амортизатора, приведенный к центру колеса:

$$\llcorner K_F = 2 \cdot \psi_F \cdot \sqrt{1000 \cdot C_F \cdot m_{AFP}}, \quad (54)$$

где ψ_F – коэффициент относительного демпфирования колебаний передней подпрессоренной массы» [23].

$$K_F = 2 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{1000 \cdot 21,519 \cdot 394,15} = 2912,338 \text{ Нс/м.}$$

А также коэффициент сопротивления заднего амортизатора, приведенный к центру колеса:

$$\llcorner K_R = 2 \cdot \psi_R \cdot \sqrt{1000 \cdot C_R \cdot m_{ARP}}, \quad (55)$$

где ψ_R – коэффициент относительного демпфирования колебаний задней подпрессоренной массы» [23].

$$K_R = 2 \cdot 0,67 \cdot \sqrt{1000 \cdot 27,981 \cdot 338,15} = 4121,840 \text{ Нс/м.}$$

Наконец узнаем коэффициенты относительного демпфирования колебаний переднего и заднего колес с помощью формул (56) и (57) соответственно:

$$\begin{aligned} \psi_{FK} &= \frac{K_F}{2 \cdot \sqrt{1000 \cdot m_{KF} \cdot (C_{KF} + C_F)}} = \\ &= \frac{2912,338}{2 \cdot \sqrt{1000 \cdot 53,7 \cdot (210 + 21,519)}} = 0,413, \end{aligned} \quad (56)$$

$$\begin{aligned} \psi_{RK} &= \frac{K_R}{2 \cdot \sqrt{1000 \cdot m_{KR} \cdot (C_{KR} + C_R)}} = \\ &= \frac{4121,840}{2 \cdot \sqrt{1000 \cdot 59 \cdot (210 + 27,981)}} = 0,550. \end{aligned} \quad (57)$$

Найдем требуемую суммарную угловую жесткость подвески с учетом жесткости шин согласно формуле (58):

$$\llcorner C_{\varphi\Sigma} = 2 \cdot (m_{AFP} + m_{ARP}) \cdot h_{\varphi} \cdot \left(\frac{j_Y \cdot 180}{\varphi \cdot \pi} + 9,81 \right), \quad (58)$$

где h_{φ} – плечо поперечного крена, м;

$\frac{\varphi}{j_Y}$ – градиент поперечного крена, град/м/с²» [24].

$$C_{\varphi\Sigma} = 2 \cdot (394,15 + 338,15) \cdot 0,6 \cdot \left(\frac{180}{0,6 \cdot 3,14} + 9,81 \right) = 92578,597 \text{ Нм/рад.}$$

Тогда требуемая угловая жесткость передней подвески с учетом жесткости шин составит:

$$\llcorner C_{\varphi F\Sigma} = C_{\varphi\Sigma} \cdot \frac{\Delta_{C\varphi}}{100}, \quad (59)$$

где $\Delta_{C\varphi}$ – процент распределения угловой жесткости подвески на переднюю ось» [14].

$$C_{\varphi F\Sigma} = 92578,597 \cdot \frac{62}{100} = 57398,730 \text{ Нм/рад.}$$

Несложно догадаться, что требуемая угловая жесткость задней подвески с учетом жесткости шин получится равной:

$$C_{\varphi R\Sigma} = C_{\varphi\Sigma} - C_{\varphi F\Sigma} = 92578,597 - 57398,730 = 35179,867 \text{ Нм/рад.} \quad (60)$$

Далее посчитаем угловую жесткость передней подвески за счет жесткости шин по формуле (61):

$$C_{\varphi FK} = 500 \cdot C_{KF} \cdot B_F^2, \quad (61)$$

где B_F – колея передней подвески» [14].

$$C_{\varphi FK} = 500 \cdot 210 \cdot 1,466^2 = 225661,38 \text{ Нм/рад.}$$

Аналогично прошлому, вычислим угловую жесткость задней подвески за счет жесткости шин по формуле (62):

$$C_{\varphi RK} = 500 \cdot C_{KR} \cdot B_R^2, \quad (62)$$

где B_R – колея задней подвески» [14].

$$C_{\varphi RK} = 500 \cdot 210 \cdot 1,456^2 = 222593,28 \text{ Нм/рад.}$$

Требуемая угловая жесткость передней и задней подвесок без учета жесткости шин (по центрам колес) равна соответственно:

$$C_{\varphi F} = \frac{C_{\varphi FK} \cdot C_{\varphi F\Sigma}}{C_{\varphi FK} - C_{\varphi F\Sigma}} = \frac{225661,38 \cdot 57398,730}{225661,38 - 57398,730} = 76978,917 \text{ Нм/рад,} \quad (63)$$

$$C_{\varphi R} = \frac{C_{\varphi RK} \cdot C_{\varphi R\Sigma}}{C_{\varphi RK} - C_{\varphi R\Sigma}} = \frac{222593,28 \cdot 35179,867}{222593,28 - 35179,867} = 41783,573 \text{ Нм/рад.} \quad (64)$$

Угловую жесткость передней и задней подвесок без учета жесткости шин (по центрам колес) за счет жесткости пружин вычислим по формулам (65) и (66) соответственно:

$$C_{\varphi F\Pi P} = 500 \cdot C_F \cdot B_F^2 = 500 \cdot 21,519 \cdot 1,466^2 = 23123,844 \text{ Нм/рад,} \quad (65)$$

$$C_{\varphi R\Pi P} = 500 \cdot C_R \cdot B_R^2 = 500 \cdot 27,981 \cdot 1,456^2 = 29658,965 \text{ Нм/рад.} \quad (66)$$

И, наконец, произведем расчет требуемой угловой жесткости передней и задней подвесок без учета жесткости шин (по центрам колес) за счет жесткости переднего/заднего стабилизатора поперечной устойчивости.

$$C_{\varphi FCT} = C_{\varphi F} - C_{\varphi FПР} = 76978,917 - 23123,844 = 53855,073 \text{ Нм/рад}, \quad (67)$$

$$C_{\varphi RCT} = C_{\varphi R} - C_{\varphi RПР} = 41783,573 - 29658,965 = 12124,608 \text{ Нм/рад}. \quad (68)$$

3.2 Расчет переднего стабилизатора поперечной устойчивости

На автомобиле LADA Niva Travel применяется передний стабилизатор поперечной устойчивости типа 2, значит расчет жесткости штанги стабилизатора следует производить по формуле (69):

$$c = \frac{d^4 \cdot 6,18 \cdot 10^4}{2 \cdot l_0^3 + l_5^2 \cdot L_S + 7,78 \cdot l_2 \cdot l_7^2 + 2 \cdot l_4^3}, \quad (69)$$

где d – диаметр прутка штанги стабилизатора;

l_i – размеры длин, необходимых для расчета, определяются согласно рисунку (11) » [13].

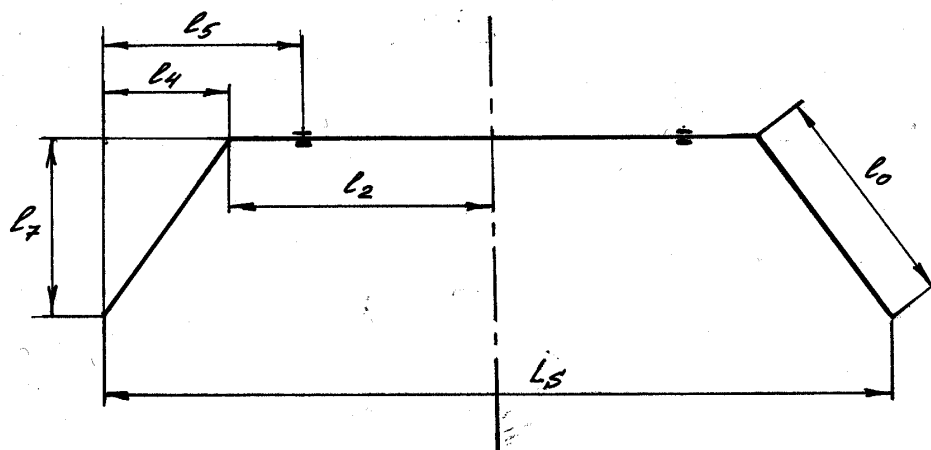


Рисунок 11 – Общая расчетная схема стабилизатора поперечной устойчивости типа 2

Под жесткостью стабилизатора в конкретном случае следует понимать отношение усилий на конце стабилизатора к его перемещению при условии одновременно-разноименного хода подвески автомобиля.

На рисунке 12 приведена расчетная схема для переднего стабилизатора поперечной устойчивости легкового автомобиля LADA Niva Travel с замерами всех необходимых числовых значений длин для расчета. За конечные точки принимаются точки крепления штанги стабилизатора к шарнирам стоек стабилизатора.

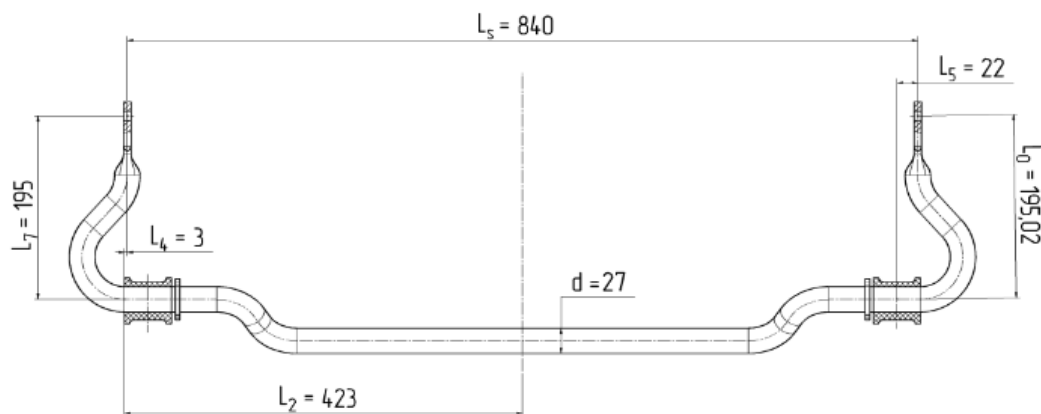


Рисунок 12 – Расчетная схема для стабилизатора поперечной устойчивости LADA Niva Travel

Теперь, зная все необходимые параметры для расчета, подставим их в формулу и найдем жесткость штанги стабилизатора.

$$c = \frac{27^4 \cdot 6,18 \cdot 10^4}{2 \cdot 195,02^3 + 22^2 \cdot 840 + 7,78 \cdot 423 \cdot 195^2 + 2 \cdot 3^3} = 233,960 \text{ Н/мм.}$$

В результате расчета получаем жесткость штанги переднего стабилизатора равную 233,960 Н/мм.

3.3 Расчет пружины передней подвески

В ходе расчета определяются параметры пружины, которые должны гарантировать требуемую жесткость, статическую нагрузку, а также необходимую долговечность пружины. Кроме этого, следует учитывать компоновочные ограничения.

3.3.1 Исходные данные

Модуль сдвига материала пружины, МПа.....	$G = 80500$
Внутренний диаметр пружины, мм.....	$D_{BH} = 90$
Диаметр проволоки, мм.....	$d_{PP} = 16,5$
Полное число витков.....	$n_1 = 8,08$
Рабочее число витков.....	$n = 6,75$
Желаемая длина пружины в первой контрольной точке, мм.....	$L_{1i} = 217$
Нагрузка в первой контрольной точке, Н.....	$P_1 = 7254$
Длина пружины во второй контрольной точке, мм.....	$L_2 = 170$
Плотность стали материала пружины, кг/м ³	$\rho = 7600$

3.3.2 Расчет характеристик пружины передней подвески

Первым делом определим средний диаметр пружины по формуле (70):

$$D_{CP} = D_{BH} + d_{PP} = 90 + 16,5 = 106,5 \text{ мм.} \quad (70)$$

Наружный диаметр пружины определим для проверки подвески на компоновку:

$$D_{HAP} = D_{BH} + 2 \cdot d_{PP} = 90 + 2 \cdot 16,5 = 123 \text{ мм.} \quad (71)$$

Далее определим жесткость пружины согласно формуле (72):

$$c = \frac{G \cdot d_{\text{ПР}}^4}{8 \cdot n \cdot D_{\text{СР}}^3} = \frac{80500 \cdot 16,5^4}{8 \cdot 6,75 \cdot 106,5^3} = 91,47 \text{ Н/мм.} \quad (72)$$

Затем вычислим податливость пружины:

$$s = \frac{1}{c} = \frac{1}{91,47} = 0,01093 \text{ мм/Н.} \quad (73)$$

Жесткость одного витка пружины согласно формулы (74) составит:

$$c_1 = c \cdot n = 91,47 \cdot 6,75 = 617,4 \text{ Н/мм.} \quad (74)$$

В свою очередь, податливость одного витка пружины примет величину равную:

$$s_1 = \frac{s}{n} = \frac{0,01093}{6,75} = 0,00161 \text{ мм/Н.} \quad (75)$$

Найдем свободную длину пружины:

$$L_0 = L_{1i} + \frac{P_1}{c} = 217 + \frac{7254}{91,47} = 296,3 \text{ мм.} \quad (76)$$

Длина пружины в первой контрольной точке, что соответствует положению подвески в конструктивном состоянии, определяется по формуле (77):

$$L_1 = L_0 - \frac{P_1}{c} = 296,3 - \frac{7254}{91,47} = 216,6 \text{ мм.} \quad (77)$$

Длина же пружины в третьей контрольной точке, соответствующей пружине, сжатой до соприкосновения витков, рассчитывается по формуле (78):

$$\begin{aligned} L_3 &= (n_1 + 1) \cdot (d_{\text{ПР}} + 0,25) + d_{\text{ПР}} \cdot 0,05 = \\ &= (8,08 + 1) \cdot (16,5 + 0,25) + 16,5 \cdot 0,05 = 152,9 \text{ мм.} \end{aligned} \quad (78)$$

Теперь определим межвитковый зазор в свободной пружине, в первой контрольной точке и во второй контрольной точке по формулам (79), (80) и (81) соответственно, чтобы убедиться, что при работе пружины в составе подвески не будет соударения ее витков.

$$\delta_0 = \frac{L_0 - L_3}{n} = \frac{296,3 - 152,9}{6,75} = 21,2 \text{ мм,} \quad (79)$$

$$\delta_1 = \frac{L_1 - L_3}{n} = \frac{216,6 - 152,9}{6,75} = 9,4 \text{ мм,} \quad (80)$$

$$\delta_2 = \frac{L_2 - L_3}{n} = \frac{170 - 152,9}{6,75} = 2,5 \text{ мм.} \quad (81)$$

Как мы можем наблюдать, необходимый межвитковый зазор обеспечивается.

Определим форм-фактор пружины для дальнейшего расчета концентрации напряжений сдвига на внутренней поверхности витка пружины от кручения и действия поперечной силы:

$$\begin{aligned} W &= 1 + \frac{5}{4} \cdot \frac{d_{\text{ПР}}}{D_{\text{СР}}} + \frac{7}{8} \cdot \left(\frac{d_{\text{ПР}}}{D_{\text{СР}}} \right)^2 + \left(\frac{d_{\text{ПР}}}{D_{\text{СР}}} \right)^3 = \\ &= 1 + \frac{5}{4} \cdot \frac{16,5}{106,5} + \frac{7}{8} \cdot \left(\frac{16,5}{106,5} \right)^2 + \left(\frac{16,5}{106,5} \right)^3 = 1,218, \end{aligned} \quad (82)$$

Вычислим нагрузку во второй контрольной точке (при полном динамическом ходе) по формуле (83):

$$P_2 = (L_0 - L_2) \cdot c = (296,3 - 170) \cdot 91,47 = 11553,1 \text{ Н.} \quad (83)$$

Аналогично найдем нагрузку в третьей контрольной точке:

$$P_3 = (L_0 - L_3) \cdot c = (296,3 - 152,9) \cdot 91,47 = 13115,8 \text{ Н.} \quad (84)$$

Теперь у нас достаточно данных для того, чтобы определить касательные напряжения в первой, второй и третьей контрольных точках:

$$\tau_1 = \frac{8 \cdot W \cdot D_{\text{CP}}}{\pi \cdot d_{\text{ПР}}^3} \cdot P_1 = \frac{8 \cdot 1,218 \cdot 106,5}{3,14 \cdot 16,5^3} \cdot 7254 = 533,4 \text{ МПа,} \quad (85)$$

$$\tau_2 = \frac{8 \cdot W \cdot D_{\text{CP}}}{\pi \cdot d_{\text{ПР}}^3} \cdot P_2 = \frac{8 \cdot 1,218 \cdot 106,5}{3,14 \cdot 16,5^3} \cdot 11553,1 = 849,541 \text{ МПа,} \quad (86)$$

$$\tau_3 = \frac{8 \cdot W \cdot D_{\text{CP}}}{\pi \cdot d_{\text{ПР}}^3} \cdot P_3 = \frac{8 \cdot 1,218 \cdot 106,5}{3,14 \cdot 16,5^3} \cdot 13115,8 = 964,4 \text{ МПа.} \quad (87)$$

Предельное допускаемое расчетное напряжение τ для пружин холодной навивки достигает 1200 МПа и выше, соответственно, можно сделать вывод, что касательные напряжения в данной пружине не превышают предельные.

Так как при производстве пружин проволоку следует нарезать в необходимый размер, произведем расчет необходимой длины проволоки для изготовления одной пружины:

$$\begin{aligned} l_{\text{ПР}} &= \sqrt{(n \cdot \pi \cdot D_{\text{CP}})^2 + L_0^2} + (n_1 - n) \cdot \pi \cdot D_{\text{CP}} = \\ &= \sqrt{(6,75 \cdot 3,14 \cdot 106,5)^2 + 296,3^2} + (8,08 - 6,75) \cdot 3,14 \cdot 106,5 = \\ &= 2721,4 \text{ мм.} \end{aligned} \quad (88)$$

Одним из не менее важных параметров любой детали в автомобиле является масса, вычислим массу пружины по формуле (89):

$$m = \frac{\pi \cdot d_{\text{ПР}}^2}{4} \cdot l_{\text{ПР}} \cdot \rho = \frac{3,14 \cdot (16,5 \cdot 10^{-3})^2}{4} \cdot (2721,4 \cdot 10^{-3}) \cdot 7600 = 4,42 \text{ кг.} \quad (89)$$

Таким образом, масса пружины холодной навивки нового образца составит 4,42 кг.

Выводы по разделу.

В разделе вычислены параметры жесткости и демпфирования модернизированной подвески, произведен расчет переднего стабилизатора поперечной устойчивости новой геометрии, а также расчет измененной пружины передней подвески.

4 Технологическая часть

Технологический процесс сборки автомобилей — это комплекс операций, направленных на объединение различных компонентов и узлов в единое целое, что позволяет создать готовое транспортное средство. Этот сложный и многоступенчатый процесс требует должной квалификации работников, точного соблюдения технологий и стандартов качества. Эффективная организация сборки позволяет не только повысить качество готовой продукции, но и сократить время производства, что является важным фактором в условиях конкурентного рынка автомобильной промышленности.

4.1 Анализ технологичности конструкции передней подвески

Конструктив проектируемой передней подвески легкового автомобиля LADA Niva Travel отличается от серийного большим количеством входящих деталей и другим местом их расположения, что, в свою очередь, усложняет технологию сборки и увеличивает временные затраты на сборку.

4.2 Разработка технологической схемы сборки передней подвески

Технологическая схема сборки помогает визуализировать все операции, необходимые для сборки, оптимизировать процесс сборки, определить последовательность операций.

Произведем разработку технологической схемы сборки рычага передней подвески нижнего с чашкой и шарнирами. Определим последовательность сборки складывающегося верха путем разложения сборки на узловую и общую. Технологическую схему сборки вы можете наблюдать на чертеже «Схема сборки рычага передней подвески нижнего с чашкой и шарнирами левого в сборе».

4.3 Составление перечня сборочных работ

Разработка перечня сборочных работ — это важный этап в организации производственного процесса. Он помогает структурировать задачи и обеспечить последовательность операций для достижения качественного результата.

Перечень представлен в виде таблицы, в которой содержатся наименования сборочных работ и данные по нормированию всех необходимых видов работ. Причем все операции расположены строго в том порядке, который определен технологическими схемами сборки для узловой и общей сборок. Все эти операции, которые достаточно разнообразны и которые можно определить только для конкретных условий сборки, разделяются на:

- сборочные,
- регулировочные,
- контрольные,
- ремонтные (при необходимости).

Перечень сборочных работ по сборке модернизированного рычага передней подвески нижнего с чашкой и шарнирами в сборе представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень сборочных работ

№ оп	Наименование операции и содержание	Норма времени на операцию $t_{оп}$, мин.
1	2	3
1. Сборка рычага передней подвески нижнего левого в сборе		
1	Сборочная: установить в приспособление рычаг передней подвески нижний передний левый 21214-2904025 и рычаг передней подвески нижний задний левый 21214-2904029 и зафиксировать. Произвести сварку рычагов ручной дуговой сваркой.	1,5
Итого:		1,5

Продолжение таблицы 10

№ оп	Наименование операции и содержание	Норма времени на операцию $t_{оп}$, мин.
1	2	3
2. Сборка чашки опорной пружины передней подвески левой в сборе		
1	Сборочная: установить в приспособление чашку опорную пружины передней подвески левую 2121-2902737 и зафиксировать, установить кронштейн крепления амортизатора нижний и зафиксировать. Произвести сварку точечной сваркой (14 точек).	1,5
Итого:		1,5
3. Сборка рычага передней подвески нижнего с чашкой и шарнирами левого в сборе		
1	Сборочная: установить в оснастку рычаг передней подвески нижний левый в сборе 21214-2904021 и запрессовать в рычаг два шарнира нижних рычага передней подвески 21214-2904040 до упора.	0,4
2	Сборочная: установить в приспособление стенда четыре болта 1/13438/30, рычаг в сборе с операции 1, предварительно совместив его два отверстия с двумя отверстиями кронштейна стойки стабилизатора левого 25.ДП.01.103.2123-2904177, две шайбы 2101-2904228 на болты, не сопрягающиеся с кронштейном стойки стабилизатора и чашку опорную пружины передней подвески левую в сборе 25.ДП.01.103.2123-2902735, четыре шайбы пружинные 1/05168/70 Наживить и завернуть тарированным моментом четыре гайки 1/21647/21.	1,5
3	Сборочная: установить в оснастку стола два болта 2121-2904194, один болт 1/60440/30, палец шаровой передней подвески нижний с защитным чехлом 21214-2904082-02, рычаг передней подвески нижний левый в сборе с операции 2, три шайбы пружинные 1/05166/70. Наживить и завернуть тарированным моментом три гайки 1/61008/21.	0,9
4	Контрольная: произвести контроль согласно карте контроля.	0,2
Итого:		3
Всего:		6

Основываясь на данных перечня сборочных работ, определим трудоемкость сборки переднего нижнего рычага и разработаем технологический процесс сборки, который в дальнейшем будет направлен в производство.

4.4 Определение трудоемкости сборки передней подвески

Для начала определим общее время всех операций по сборке переднего нижнего рычага как сумму времен отдельных входящих операций:

$$t_{\text{общ}} = \sum t_{\text{оп}} = 1,5 + 1,5 + 3 = 6. \quad (90)$$

Теперь вычислим суммарную трудоемкость сборки переднего нижнего рычага легкового автомобиля LADA Niva Travel по формуле (91):

$$t_{\text{шт}}^{\text{общ}} = t_{\text{общ}} + t_{\text{общ}} \cdot \left(\frac{\alpha + \beta}{100} \right), \quad (91)$$

где α – процентная доля от нормы времени на операцию, выделяемая на организационно-техническое обслуживание рабочего поста, равная 2%;

β – процентная доля от нормы времени на операцию, предназначенная для отдыха рабочего, равная 4%» [18].

$$t_{\text{шт}}^{\text{общ}} = 6 + 6 \cdot \left(\frac{2 + 4}{100} \right) = 6,36 \text{ (мин)}.$$

«Тип производства при сборке определяем по таблице в зависимости от годового выпуска автомобилей и ориентировочной определенной суммарной трудоемкости сборки подвески. Принимаем крупносерийное производство.

Определим такт выпуска автомобилей:

$$T_B = \frac{F_D \cdot 60 \cdot m}{N}, \quad (92)$$

где F_D – действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену, принимается равным 4015 ч. для

m – количество смен, принимается равным 1;

N – годовой объем выпуска автомобилей, принимается равным 50000 штук» [18].

$$T_B = \frac{4015 \cdot 60 \cdot 1}{50000} = 4,82 \text{ (мин)}.$$

«Учитывая конструкцию подвески, ее размеры и массу, объем выпуска, сроки (длительность) выпуска и тип производства принимаем как организационную форму сборки подвижную поточную сборку с расчленением процесса на операции и передачей собираемого объекта от одной позиции к другой посредством механических транспортирующих устройств» [18].

Маршрутная карта представлена в таблице 11.

Таблица 11 – Технологический процесс сборки модернизированной передней подвески легкового автомобиля Lada Niva Travel

№ оп	Наименование оп	№ поз	Состав операции, перехода	Наименование оборудования, наименование тех. оснастки
1	2	3	4	5
1. Сборка рычага передней подвески нижнего левого в сборе				
1	Сборочная	1	Установить в приспособление рычаг передней подвески нижний передний левый 21214-2904025.	Приспособление для сварки, сварочное оборудование
		2	Установить в приспособление рычаг передней подвески нижний задний левый 21214-2904029.	
		3	Зафиксировать рычаги в приспособлении.	
		4	Произвести сварку рычагов ручной дуговой сваркой.	
2. Сборка чашки опорной пружины передней подвески левой в сборе				
1	Сборочная	1	Установить в приспособление чашку опорную пружины передней подвески левую 2121-2902737 и зафиксировать.	Приспособление для сварки, сварочное оборудование
		2	Установить кронштейн крепления амортизатора нижний и зафиксировать.	
		3	Произвести сварку точечной сваркой (14 точек).	

Продолжение таблицы 11

№ оп	Наименование оп	№ поз	Состав операции, перехода	Наименование оборудования, наименование тех. оснастки
1	2	3	4	5
3. Сборка рычага передней подвески нижнего с чашкой и шарнирами в сборе				
1	Сборочная	1	Установить в оснастку рычаг передней подвески нижний в сборе 21214-2904021	Сборочный стенд с двуручным управлением
		2	Запрессовать в рычаг два шарнира 21214-2904040 до упора.	
2	Сборочная	1	Установить в приспособление стенда четыре болта 1/13438/30.	Сборочный двухпозиционный стенд, пневмогайковерт, удлинитель, головка S=17 мм, ключ предельный
		2	Установить рычаг в сборе с операции 1, предварительно совместив его два отверстия с двумя отверстиями кронштейна стойки стабилизатора левого 25.ДП.01.103.2123-2904177.	
		3	Установить две шайбы 2101-2904228 на болты, не сопрягающиеся с кронштейном стойки стабилизатора.	
		4	Установить чашку опорную пружины передней подвески в сборе левую 25.ДП.01.103.2123-2902735.	
		5	Установить четыре шайбы 1/05168/70.	
		6	Наживить четыре гайки 1/21647/21 и завернуть тарированным моментом.	
3	Сборочная	1	Установить в оснастку стола два болта 2121-2904194.	Стол с оснасткой, головка S=13 мм, молоток, пневмогайковерт
		2	Установить в оснастку стола один болт 1/60440/30.	
		3	Установить палец шаровой нижний с защитным чехлом 21214-2904082-02.	
		4	Установить рычаг передней подвески нижний левый в сборе с операции 2.	
		5	Установить три шайбы 1/05166/70.	
		6	Наживить и завернуть тарированным моментом три гайки 1/61008/21.	
4	Контрольная	1	Произвести контроль согласно карте контроля.	Карта контроля

В результате выполнения технологической части разработана технологическая схема сборки модернизированной передней подвески LADA Niva Travel, составлен перечень необходимых сборочных работ, определена трудоемкость сборки и спроектирован технологический процесс сборки.

5 Безопасность и экологичность проекта

В современном мире вопросы безопасности и экологичности проектов становятся все более актуальными и важными. С учетом стремительного развития технологий и увеличения масштабов производственной деятельности, необходимость соблюдения стандартов безопасности и охраны окружающей среды выходит на первый план. Устойчивое развитие, которое включает в себя сочетание экономических, социальных и экологических аспектов, требует от организаций не только соблюдения законодательных норм, но и внедрения новых подходов к управлению рисками и воздействием на природу.

Глава, посвященная безопасности и экологичности проекта, рассматривает ключевые принципы и методы, которые необходимо учитывать на всех этапах проектирования и реализации. В ней будет проанализировано проведение оценки рисков, соблюдение стандартов безопасности, обучение персонала.

Таким образом, интеграция принципов безопасности и экологичности в проект не только способствует защите здоровья работников и окружающей среды, но и может повысить репутацию компании и снизить риски. Это создает устойчивую основу для успешной реализации проекта и способствует его долгосрочной жизнеспособности.

5.1 Описание рабочего места, оборудования и выполняемых технологических операций

«Сборку модернизированной передней подвески предполагается разместить на территории производства шасси АО «АВТОВАЗ» г. Тольятти. Сборочный участок представляет собой поточную линию с подвесным конвейером и сборочными стендами.

Элементы конструкции подвески в виде подсобранных ранее узлов доставляются к месту сборки по подвесному конвейеру, прочие детали и метиз подвозятся к участку сборки в контейнерах тележками с электродвигателями.

Готовая продукция отправляется для выполнения последующих сборочных операций посредством подвесного конвейера.

Спецификация оборудования, инструментов для производственного участка представлена в таблице 12» [6].

Таблица 12 – Перечень наименования оборудования, технической оснастки и вспомогательных материалов

Технологический процесс	Должность работника	Наименование оборудования, наименование тех. оснастки	Вспомогательные материалы
Сборка рычага передней подвески нижнего с чашкой и шарнирами в сборе	Слесарь МСР	Сборочный стенд с двуручным управлением, сборочный двухпозиционный стенд, пневмогайковерт, удлинитель, головка S=17 мм, ключ предельный, стол с оснасткой, головка S=13 мм, молоток	Перчатки вязанные
Сборка поперечины передней подвески с рычагами, тормозами и передним мостом в сборе	Слесарь МСР	Сборочный стенд с двуручным управлением, кран-балка, траверса, пневмогайковерт, удлинитель, головка S=27 мм, ключ предельный, молоток бронзовый, головка S=19 мм, ключ рожковый S=19 мм, молоток капроновый, клещи для обжатия, приспособление для фиксации ступицы, стойка измерительная, эталон для настройки стенда, ключ Т-образный, приспособление фиксирующее, молоток, стойка для транспортировки передней подвески	Перчатки вязанные
Сборка поперечины передней подвески с амортизаторами и пружинами в сборе	Слесарь МСР	Кран-балка, стенд сборочный, захватное устройство, пневмогайковерт, ключ рожковый S=13 мм, ключ предельный, ключ рожковый S=17 мм, головка S=17 мм, электрогайковерт, головка S=6 мм, траверса	Перчатки вязанные

На основе данных таблицы 12 будут выявлены опасные и вредные производственные факторы для специальности слесарь МСР производства шасси.

5.1.1 Идентификация опасных и вредных производственных факторов

Произведем анализ опасных и вредных производственных факторов, которые возникают или могут возникнуть при сборке передней подвески легкового автомобиля LADA Niva Travel. «При этом анализируются источники механических травм; источники шума, вибрации, ионизирующих излучений; определяются условия микроклимата в помещениях; оценивается освещенность в помещениях и на конкретном рабочем месте; определяется возможность получения электротравмы; исследуется токсичность применяемых веществ; проводится оценка пожаро- и взрывоопасности объекта; определяется возможность использования грузоподъемных машин и механизмов, а также сосудов, находящихся под давлением» [15]. Представим их в таблице 13.

Таблица 13 – Перечень результатов анализа профессиональных рисков

Рабочее место	Группа ОВПФ по ГОСТ 12.0.003–2015	Наименование ОВПФ	Источник ОВПФ
1	2	3	4
Слесарь МСР	Факторы, обладающие свойствами физического воздействия	«Опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения, в том числе в поле тяжести: действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение твердых, сыпучих, жидких объектов на работающего» [7]	Контейнеры с деталями, детали и собираемые узлы

Продолжение таблицы 13

Рабочее место	Группа ОВПФ по ГОСТ 12.0.003–2015	Наименование ОВПФ	Источник ОВПФ
1	2	3	4
Слесарь МСР	Факторы, обладающие свойствами физического воздействия	«Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним» [7]	Детали
		«Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего: температурой и относительной влажностью воздуха» [7]	Рабочее пространство
		«Опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания» [7]	Рабочее пространство
		«Повышенный уровень общей вибрации» [7]	Подвесной конвейер, тележки с электродвигателями
		«Повышенный уровень локальной вибрации» [7]	Пневмогайковерт, электрогайковерт
		«Повышенный уровень шума» [7]	Подвесной конвейер, Пневмогайковерт, электрогайковерт, тележки с электродвигателями
		«Недостатки необходимого искусственного освещения» [7]	Рабочее пространство
	Факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия	«Физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса» [7]	Выполнение должностных обязанностей
		«Стереотипные рабочие движения» [7]	
		«Монотонность труда, вызывающая монотонию» [7]	

Теперь, после выявления опасных и вредных производственных факторов, определим их воздействие на организм человека (рабочего).

5.1.2 Воздействие производственных факторов на организм человека

Воздействие производственных факторов на организм человека может быть разнообразным и оказывать как краткосрочные, так и долгосрочные эффекты. Понимание воздействия производственных факторов на организм человека позволяет разрабатывать эффективные меры по снижению рисков и созданию безопасной рабочей среды. В таблице 14 описано как влияет каждый производственный фактор на организм человека.

Таблица 14 – Влияние производственных факторов на организм работающего

Наименование ОВПФ	Воздействие ОВПФ на человека
1	2
«Опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения, в том числе в поле тяжести: действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение твердых, сыпучих, жидких объектов на работающего» [7]	Внезапное ухудшение здоровья, травмы различной степени тяжести: ушибы, вывихи, переломы, вплоть до летального исхода.
«Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним» [7]	Травмы различной степени тяжести: ссадины, порезы
«Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего: температурой и относительной влажностью воздуха» [7]	Перегрев
«Опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания» [7]	Заболевания легких (пылевые бронхиты, пневмокониозы)
«Повышенный уровень общей вибрации» [7]	Вибрационная болезнь, нарушение сна, боли в суставах, проблемы с сердечно-сосудистой системой
«Повышенный уровень локальной вибрации» [7]	

Продолжение таблицы 14

Наименование ОВПФ	Воздействие ОВПФ на человека
1	2
«Повышенный уровень шума» [7]	Нарушения периферического кровообращения; повышение артериального давления
«Недостатки необходимого искусственного освещения» [7]	Усталость глаз, снижение концентрации
«Физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса» [7]	Проблемы с сердечно-сосудистой системой, повышение артериального давления, нарушение сна, потеря сил, боли в мышцах
«Стереотипные рабочие движения» [7]	Нарушения деятельности нервной системы
«Монотонность труда, вызывающая монотонию» [7]	

После анализа опасных и вредных производственных факторов, их источников и воздействия на человека, перейдем к подбору возможных методов их снижения.

5.2 Мероприятия по созданию безопасных условий труда

Мероприятия по созданию безопасных условий труда имеют критически важное значение для здоровья работников и успешного функционирования организаций.

«Разработка мероприятий по безопасности труда начинается с организационных вопросов (обучение по охране труда, контроль за состоянием охраны труда, нормативно-техническая документация по охране труда, определение категорий тяжести труда, режима труда и отдыха на конкретном производстве и т. д.).

Затем прорабатываются планировочные мероприятия (соответствие состояния территории предприятия, основных производственных и вспомогательных помещений требованиям безопасности труда).

Следующий шаг – разработка технических мероприятий, которые включают комплекс мер по защите от воздействия каждого из рассмотренных

вредных и опасных производственных факторов» [15]. В таблице 15 представлен ряд мероприятий, выполнение которых должно привести к улучшению условий труда.

Таблица 15 – Мероприятия, направленные на улучшение условий труда

Наименование ОВПФ	Мероприятия по обеспечению безопасных условий труда
1	2
«Опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения, в том числе в поле тяжести: действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение твердых, сыпучих, жидких объектов на работающего» [7]	«– Инструктажи по охране труда; – содержание оборудования в надлежащем состоянии; – выполнение на регулярной основе планово-предупредительного обслуживания; – эксплуатация технологического оборудования в строгом соответствии с инструкцией. – обеспечение работника СИЗ, смывающими и обеззараживающими средствами; – предохранительные устройства для предупреждения перегрузки оборудования; – знаки безопасности, цвета, разметка по ГОСТ 12.4.026-2015» [6]
«Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним» [7]	
«Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего: температурой и относительной влажностью воздуха» [7]	Устройство новых и реконструкция имеющихся вентиляционных систем в производственных помещениях
«Опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания» [7]	
«Повышенный уровень общей вибрации» [7]	«– Обеспечение работников виброзащитной обувью и перчатками; – применение вибродемпфирующих (вибропоглощающих) покрытий; – введение регламентированных дополнительных перерывов; – проведение обязательных медосмотров» [10]
«Повышенный уровень локальной вибрации» [7]	

Продолжение таблицы 15

Наименование ОВПФ	Мероприятия по обеспечению безопасных условий труда
1	2
«Повышенный уровень шума» [7]	«– Обеспечение работников защитными противошумными наушниками, берушами противошумными; – применение звукоизоляции, звукопоглощения, демпфирования и глушителей шума (активных, резонансных, комбинированных); – введение регламентированных дополнительных перерывов; – проведение обязательных медосмотров» [10]
«Недостатки необходимого искусственного освещения» [7]	Установка дополнительных источников освещения
«Физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса» [7]	«– Увеличение числа работников на операциях, требующих больших физических трудозатрат; – введение регламентированных дополнительных перерывов» [10]
«Стереотипные рабочие движения» [7] «Монотонность труда, вызывающая монотонию» [7]	– «объединение малосодержательных операций в более сложные и разнообразные: длительность объединенных операций не должна превышать 10-12 мин, иначе это повлечет снижение производственных показателей» [6]; – «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; – усложнение обязанностей в процессе дежурства, а именно выполнение дополнительных задач по изучению техники, ведение записей в журнале» [6].

После рассмотрения мероприятий по созданию безопасных условий труда рассмотрим вопрос обеспечения электрической безопасности на рабочем месте.

5.4 Обеспечение электробезопасности на производственном участке

Обеспечение защиты человека на производстве от поражения электрическим током обусловлено высокой степенью автоматизации современных технологических процессов и производств. Несмотря на то, что электротравматизм составляет на производстве несколько процентов от общего числа травм, по числу тяжелых травм с летальным исходом поражение людей электрическим током занимает одно из первых мест.

Согласно Правилам устройства электроустановок (ПЭУ), конвейерный производственный цех относится к категории помещений с повышенной опасностью. В электроустановках применяют следующие технические защитные меры:

- малые напряжения (достигаются применением выпрямительных установок, преобразователей частоты и трансформаторов);
- обеспечение недоступности токоведущих частей (применение механических, электрических и электромагнитных блокировок безопасности);
- защитное заземление (контурное, выносное);
- двойная изоляция (снижает вероятность повреждения изоляции провода);
- защитное отключение (отключают прибор в случае пробоя на корпус).

Для информирования и защиты персонала применяют плакаты и знаки безопасности (предупреждающие, запрещающие, предписывающие, указательные), а также основные и дополнительные средства индивидуальной защиты. К электрозащитным средствам относятся:

- диэлектрические перчатки,
- боты,
- галоши,
- сапоги,
- изолирующие накладки и подставки.

5.5 Обеспечение пожарной безопасности на производственном участке

Пожаробезопасность на производстве обеспечивается организационными, техническими и профилактическими мероприятиями. Согласно нормам технологического проектирования ОНТП-24-86, цех конвейерной сборки по взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории Д (негорючие вещества и материалы в холодном состоянии).

Система предотвращения пожара составляет комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на исключение возможности возникновения пожара.

На случай возникновения пожара производственное помещение оснащено автоматическими и ручными средствами тушения пожара. При небольшом очаге возгорания следует воспользоваться ручными огнетушителями ОХП-10, ОВП-10, ОУ-2. Если ликвидировать возгорание локально не удастся и площадь пожара увеличивается, то при повышении температуры среды внутри помещения выше заданного предела автоматически включаются спринклерные установки. Они заполнены водой и имеют легкоплавкие замки, время их срабатывания 2-3 минуты. Автоматическая пожарная сигнализация срабатывает на основе термостатов и в случае пожара подает звуковые и световые сигналы.

Противопожарные стены применяют для разделения зданий цехов на противопожарные отсеки с разной категорией пожарной опасности. Они имеют минимальный предел огнестойкости – 2,5 часа. Для предупреждения распространения пламени с одного здания на другое между ними устанавливают расстояния – противопожарные разрывы.

Система противопожарной защиты составляет комплекс организационных и технических средств, направленных на предотвращение

воздействия на людей опасных факторов пожара и ограничение материального ущерба.

5.6 Обеспечение экологической безопасности технологического процесса сборки

При конвейерной сборке происходит выброс вредных веществ в окружающую среду.

«Для очистки вентиляционных выбросов от вредных веществ могут быть использованы пластинчатые электрофилтры, обеспечивающие эффективность очистки около 95 %. Такими филтрами целесообразно оборудовать крупные вентиляционные установки. На выбросной стороне вентиляционных установок необходимо устанавливать глушители абсорбционного типа (трубчатые или пластинчатые)» [5].

Отработанные СОЖ необходимо собирать в специальные емкости. Водную и масляную фазу рекомендуется использовать в качестве компонентов для приготовления эмульсий. Масляная фаза эмульсий может поступать на регенерацию или сжигаться. Водную фазу СОЖ очищают до ПДК или разбавляют до допустимого содержания нефтепродуктов, согласно требованиям СнИП II-32-74, и сливают в канализацию.

6 Экономическая эффективность проекта

В условиях современного рынка, характеризующегося высокой конкуренцией и динамичными изменениями, оценка экономической эффективности проектов становится важным аспектом успешного управления и принятия решений. Экономическая эффективность проекта позволяет не только определить его целесообразность, но и обосновать выбор оптимальных ресурсов, необходимых для достижения поставленных целей.

«Для оценки экономической эффективности проекта используют комплекс методов и подходов к анализу экономической эффективности, включая расчет основных показателей, таких как чистая приведенная стоимость, внутренняя норма доходности и срок окупаемости. Эти инструменты помогут оценить рентабельность инвестиций и выявить потенциальные риски, связанные с реализацией проекта» [17]. Углубленное понимание экономической эффективности не только способствует более обоснованному управлению проектами, но и помогает обеспечить их устойчивое развитие в долгосрочной перспективе.

Таким образом, данная глава станет основой для дальнейшего анализа и выработки рекомендаций по оптимизации проектных решений, что в конечном итоге приведет к повышению конкурентоспособности продукта и успешному достижению стратегических целей.

6.1 Расчет себестоимости модернизированной подвески

Исходные данные для экономического расчета были получены во время работы на территории АО «АВТОВАЗ». Согласно графику производства планируется выпускать 50000 автомобилей LADA Niva Travel в год, соответственно и такое же количество модернизированных изделий.

Себестоимость включает в себя все затраты на производство и сбыт одной единицы продукции. Произведем расчет отпускной цены модернизированной передней подвески автомобиля LADA Niva Travel.

6.1.1 Расчет затрат на сырье и материалы

«Себестоимость каждой из статей можно рассчитать нормативным методом. Для этого необходимо знать параметры продукции (нормы расхода), заложенные в конструкторско-технологической документации. Расчеты производятся по следующим формулам.

Затраты на сырье и материалы:

$$З_M = \sum_{l=1}^L Ц_l \cdot G_l \cdot \left(1 + \frac{H_{ТЗ}}{100}\right), \quad (93)$$

где $Ц_l$ – цена приобретения единицы материала, руб./ед.;

G_l – норма расхода материала на единицу продукции, ед.;

$H_{ТЗ}$ – норма транспортно-заготовительных расходов.

Расчет затрат на сырье и материалы удобно оформить в таблице 16» [1].

Таблица 16 – затраты на сырье и материалы

Наименование материала	Единица измерения	Цена за ед., руб.	Норма расхода	Сумма, руб.
Сталь 30ХМ	кг	48	6	288
Труба 30 Сталь 30ХМ	кг	71,1	0,6	42,66
Плита 30 В-95	кг	513	0,5	256,5
Круг 30 Сталь30ХМ	кг	43,47	9,6	417,31
Лист 2,0 Ст30ХГСА	кг	70	0,3	21
Плита 30 В-95	кг	513	2,34	1200,42
Лист 3,0 Ст30ХГСА	кг	100	0,11	11
Лист 3,0 Ст30ХГСА	кг	100	2,34	234
Поковка Сталь 30ХМ	кг	150	2,75	412,5
ИТОГО:	—	—	—	2883,39
Расходы на транспортировку	—	3%	—	86,5
Всего:	—	—	—	2969,89

Детали и комплектующие, которые не производятся на территории АО «АВТОВАЗ», закупаются.

6.1.2 Расчет затрат на покупные изделия

«Вычислим объем затрат на покупные комплектующие по формуле (94):

$$\Pi_{\text{и}} = \sum_{i=1}^n \Pi_i \cdot n_i \cdot \left(1 + \frac{K_{\text{ТЗ}}}{100}\right), \quad (94)$$

где Π_i – оптовая цена покупных комплектующих изделий i -го вида, р.;

n_i – количество покупных изделий i -го вида, шт.;

$K_{\text{ТЗ}}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов» [1].

Результат расчета величины затрат на покупные изделия представлен в форме таблицы 17.

Таблица 17 – Сумма затрат на покупные комплектующие

Наименование позиции	Количество	Средняя цена за 1 шт., руб.	Сумма, руб.
Кронштейн стойки стабилизатора левый	1	450	450
Кронштейн стойки стабилизатора правый	1	450	450
Стабилизатор передний с подушками	1	1600	1600
Стойка стабилизатора	2	700	1400
Амортизатор передний	2	1100	2200
Кронштейн переднего амортизатора нижний	2	100	200
Пружина передняя	2	1300	2600
Шаровая опора нижняя	2	650	1300
Шаровая опора верхняя	2	580	1160
Шарнир передней подвески нижний	4	150	600
Шарнир передней подвески верхний	4	60	240
Прокладка передней пружины нижняя	2	80	160
Прокладка передней пружины верхняя	2	85	170
Чашка опорная передней пружины верхняя	2	115	230
Подушка переднего амортизатора	4	21	84
Буфер хода отбоя	2	65	130
Буфер хода сжатия	2	80	160
Метизы	—	—	780
ИТОГО:	—	—	13914
Расходы на транспортировку	—	3%	417,42
Всего:	—	—	14331,42

Не стоит забывать, что предприятие также несет издержки на оплату труда рабочим, произведем ее расчет.

6.1.3 Расчет основной и дополнительной заработной платы производственных рабочих

«Основная заработная плата:

$$З_0 = З_T \cdot \left(1 + \frac{K_{\text{прем}}}{100}\right), \quad (95)$$

где $З_T$ – тарифная заработная плата рабочего в р.

$$З_T = Cp_i \cdot T_i, \quad (96)$$

где Cp_i – часовая тарифная ставка, р.;

T_i – трудоемкость выполнения операции, ч.;

$K_{\text{прем}}$ – коэффициент премий и доплат, связанных с работой на производстве, %» [12].

Результаты расчета основной заработной платы производственного персонала вы можете наблюдать в таблице 18.

Таблица 18 – Основная заработная плата рабочих

Виды операций	Разряд работы	Трудоемкость, чел/час.	Часовая тарифная ставка, руб.	Основная зарплата, руб.
Заготовительные	2	0,58	387,5	224,75
Штамповка	3	2,7	356,0	961,2
Сварочные	4	2,52	437,5	1102,5
Мехобработка	5	1,14	531,25	605,62
Термообработка	3	0,95	418,58	397,65
Слесарносборочные	4	1,43	437,3	625,34
ИТОГО:	—	—	—	3917,06
Премияльные доплаты	—	—	24%	940,09
Основная з/п	—	—	—	4857,15

После расчета основной заработной платы произведем расчет дополнительной.

Дополнительная заработная плата – это сумма, которая выплачивается работнику сверх его основной зарплаты. Она может принимать различные формы (премии, бонусы, доплата за сверхурочную работу или за сложные условия труда) и иметь разные причины для начисления. Расчет суммы дополнительной заработной платы произведем по формуле (97):

$$З_{\text{доп}} = З_0 \cdot K_{\text{доп}}, \quad (97)$$

где $K_{\text{доп}}$ – коэффициент доплат к заработной плате, равный 14%.

$$З_{\text{доп}} = 4857,15 \cdot 0,14 = 680,0 \text{ р.}$$

Помимо этого, следует помнить, что кроме выплаты основной и дополнительной заработной платы работникам, предприятие осуществляет отчисления в социальный фонд, которые также входят в фонд оплаты труда.

«Отчисления на страховые взносы на обязательное социальное, пенсионное и медицинское страхование с основной и дополнительной заработной платы исполнителей определяются по формуле:

$$З_{\text{соц}} = (З_0 + З_{\text{доп}}) \cdot \frac{Н_{\text{соц}}}{100}, \quad (98)$$

где $Н_{\text{соц}}$ – норматив отчислений на страховые взносы на обязательное социальное, пенсионное и медицинское страхование, равный 30%» [1].

$$З_{\text{соц}} = (4857,15 + 680) \cdot \frac{30}{100} = 1661,15 \text{ р.}$$

Таким образом, общая сумма, входящая в фонд оплаты труда, составит 7198,3 р.

6.1.4 Расчет производственных расходов

«Не стоит забывать, что производство компонентов ведется на специализированном оборудовании, которое требует затрат на его содержание, обслуживание и ремонт, при необходимости. Эти расходы обычно определяются как процент от затрат на основную зарплату рабочим. Принимаем коэффициент затрат на оборудование равным 1,5» [8]. Произведем расчет затрат на содержание и эксплуатацию оборудования по формуле:

$$C_{\text{сод.об.}} = Z_0 \cdot 1,5 = 4857,15 \cdot 1,5 = 7285,73 \text{ р.} \quad (99)$$

«Цеховые расходы:

$$C_{\text{цех}} = Z_0 \cdot E_{\text{цех}}, \quad (100)$$

где $E_{\text{цех}}$ – коэффициент цеховых расходов, равный 175%» [12].

$$C_{\text{цех}} = 4857,15 \cdot 1,75 = 8500,0 \text{ р.}$$

«Расходы на инструмент и оснастку:

$$C_{\text{инстр}} = Z_0 \cdot E_{\text{инстр}}, \quad (101)$$

где $E_{\text{инстр}}$ – коэффициент цеховых расходов, равный 3%» [12].

$$C_{\text{инстр}} = 4857,15 \cdot 0,03 = 145,71 \text{ р.}$$

«Цеховая себестоимость модернизированного изделия:

$$C_{\text{цех.с/с}} = Z_M + P_{\text{и}} + Z_0 + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{соц}} + C_{\text{сод.об.}} + C_{\text{цех}} + C_{\text{инстр}} \text{» [12],} \quad (102)$$

$$C_{\text{цех.с/с}} = 2969,89 + 14331,42 + 4857,15 + 680 + 1661,15 + 7285,73 + 8500 + 145,71 = 40431,05 \text{ р.}$$

«Общезаводские расходы:

$$C_{\text{об.завод.}} = Z_0 \cdot E_{\text{об.завод.}}, \quad (103)$$

где $E_{\text{об.завод.}}$ – коэффициент общезаводских расходов, равный 150%» [11].

$$C_{\text{об.завод.}} = 4857,15 \cdot 1,5 = 7285,73 \text{ р.}$$

«Общезаводская себестоимость:

$$C_{\text{об.завод.с/с}} = C_{\text{об.завод.}} + C_{\text{цех.с/с}} \text{» [11],} \quad (104)$$

$$C_{\text{об.завод.с/с}} = 7285,73 + 40431,05 = 47716,78 \text{ р.}$$

«Коммерческие расходы:

$$C_{\text{ком}} = C_{\text{об.завод.с/с}} \cdot E_{\text{ком}}, \quad (105)$$

где $E_{\text{ком}}$ – коэффициент коммерческих расходов, равный 5%» [11].

$$C_{\text{ком}} = 47716,78 \cdot 0,05 = 2385,84 \text{ р.}$$

«Полная себестоимость модернизируемого изделия:

$$C_{\text{полн}} = C_{\text{об.завод.с/с}} + C_{\text{ком}} \text{» [11],} \quad (106)$$

$$C_{\text{полн}} = 47716,78 + 2385,84 = 50102,62 \text{ р.}$$

«Отпускная цена проектируемого изделия:

$$C_{\text{отп}} = C_{\text{полн}} \cdot (1 + K_{\text{рент}}), \quad (107)$$

где $K_{\text{рент}}$ – коэффициент рентабельности и плановых накоплений, равный 20%» [11].

$$\text{Ц}_{\text{отп}} = 50102,62 \cdot (1 + 0,2) = 60123,14 \text{ р.}$$

6.2 Точка безубыточности производства

Точка безубыточности — это финансовый показатель, который определяет объем продаж, при котором доходы предприятия равны её расходам. В этом состоянии компания не получает ни прибыли, ни убытков. Понимание точки безубыточности помогает более эффективно управлять ресурсами предприятия и принимать обоснованные решения о ценообразовании, объемах производства и стратегии продаж.

«Необходимую величину продаж для обеспечения безубыточности проекта можно вычислить по формуле:

$$V_{\text{кр}} = \frac{З_{\text{пост.уд}} \cdot V_{\text{max}}}{\text{Ц}_{\text{отп}} - З_{\text{перем.уд}}}, \quad (108)$$

где $З_{\text{пост.уд}}$ — удельные постоянные издержки на изготовление единицы изделия, р.;

V_{max} — максимальный объем выпуска изделий, шт.;

$\text{Ц}_{\text{отп}}$ — отпускная цена изделия, р.;

$З_{\text{перем.уд}}$ — удельные переменные издержки на изготовление единицы изделия, р.» [12].

«Переменные затраты на изготовление единицы продукции

$$З_{\text{перем.уд}} = З_{\text{м}} + \Pi_{\text{и}} + З_{\text{о}} + З_{\text{доп}} + С_{\text{соц.}} \text{» [12],} \quad (109)$$

$$З_{\text{перем.уд}} = 2969,89 + 14331,42 + 4857,15 + 680 + 1661,15 = 24499,61 \text{ р.}$$

«Переменные издержки:

$$З_{\text{перем}} = З_{\text{перем.уд}} \cdot V_{\text{год}} \text{ [12]}, \quad (110)$$

$$З_{\text{перем}} = 24499,61 \cdot 50000 = 1224980500 \text{ р.}$$

«Амортизационные отчисления:

$$A_{\text{м.уд}} = (C_{\text{сод.об.}} + C_{\text{инстр.}}) \cdot \frac{H_A}{100}, \quad (111)$$

где H_A – доля амортизационных отчислений, равная 15%» [12].

$$A_{\text{м.уд}} = (7285,83 + 145,71) \cdot \frac{15}{100} = 1114,73 \text{ р.}$$

«Постоянные издержки на производство:

$$З_{\text{пост.уд}} = (C_{\text{сод.об.}} + C_{\text{инстр.}}) \cdot \frac{(100 - H_A)}{100} + C_{\text{цех}} + C_{\text{об.завод}} + C_{\text{ком}} + A_{\text{м.уд}} \text{ [12]}, \quad (112)$$

$$З_{\text{пост.уд}} = (7285,73 + 145,71) \cdot \frac{100 - 15}{100} + 8500 + 7285,73 + 2385,84 + 1114,73 = 25603,02 \text{ р.}$$

«Полная себестоимость годовой программы выпуска:

$$C_{\text{полн.г}} = C_{\text{полн}} \cdot V_{\text{год}} \text{ [12]}, \quad (113)$$

$$C_{\text{полн.г}} = 50102,62 \cdot 50000 = 2505131000 \text{ р.}$$

«Выручка от реализации изделия:

$$\text{Выручка} = C_{\text{опт}} \cdot V_{\text{год}} \text{ [12]}, \quad (114)$$

$$\text{Выручка} = 60123,14 \cdot 50000 = 3006157000 \text{ р.}$$

«Маржинальный доход:

$$D_{\text{марж}} = \text{Выручка} - Z_{\text{перем}} \text{ [11],} \quad (115)$$

$$D_{\text{марж}} = 3006157000 - 1224980500 = 1781176500 \text{ р.}$$

Наконец вычислим критический объем продаж:

$$V_{\text{кр}} = \frac{25603,02 \cdot 50000}{60123,14 - 24499,61} \approx 35935 \text{ шт.}$$

Таким образом, компания полностью перекрывает свои расходы при производстве и продаже 35935 модернизированных передних подвесок в составе автомобиля LADA Niva Travel.

6.3 Коммерческая эффективность модернизации

«Наращивание производственной программы в рамках данной работы будем считать равномерным и для определения его величины воспользуемся следующей формулой:

$$\Delta = \frac{V_{\text{max}} - V_{\text{кр}}}{n - 1}, \quad (116)$$

где n – количество лет производства, с учетом подготовки» [12].

$$\Delta = \frac{50000 - 35935}{10 - 1} = 1563 \text{ шт.}$$

«Выручка от продаж:

$$B_i = C_{\text{отп}} \cdot V_{\text{прод}i}, \quad (117)$$

где $V_{\text{прод}i}$ – объем продаж в i -году» [12].

«В первый год производства объем продукции будет рассчитываться следующим образом» [12]:

$$V_{\text{прод}i} = V_{\text{кр}} + \Delta. \quad (118)$$

Для того, чтобы произвести расчет объема производства второго года и всех остальных лет, объем критических продаж заменяется объемом продаж предшествующего года.

$$V_{\text{прод}1} = 35935 + 1563 = 37498 \text{ шт.},$$

$$V_{\text{прод}2} = 37498 + 1563 = 39061 \text{ шт.},$$

$$V_{\text{прод}3} = 39061 + 1563 = 40624 \text{ шт.},$$

$$V_{\text{прод}4} = 40624 + 1563 = 42187 \text{ шт.},$$

$$V_{\text{прод}5} = 42187 + 1563 = 43750 \text{ шт.},$$

$$V_{\text{прод}6} = 43750 + 1563 = 45313 \text{ шт.},$$

$$V_{\text{прод}7} = 45313 + 1563 = 46876 \text{ шт.},$$

$$V_{\text{прод}8} = 46876 + 1563 = 48439 \text{ шт.},$$

$$V_{\text{прод}9} = 48439 + 1563 = 50002 \text{ шт.}$$

Выручка предприятия по годам производства составит:

$$B_1 = 60123,14 \cdot 37498 = 2254497500 \text{ р.},$$

$$B_2 = 60123,14 \cdot 39061 = 2348469970 \text{ р.},$$

$$B_3 = 60123,14 \cdot 40624 = 2442442440 \text{ р.},$$

$$B_4 = 60123,14 \cdot 42187 = 2536414910 \text{ р.},$$

$$B_5 = 60123,14 \cdot 43750 = 2630387380 \text{ р.},$$

$$B_6 = 60123,14 \cdot 45313 = 2724359840 \text{ р.},$$

$$B_7 = 60123,14 \cdot 46876 = 2818332310 \text{ р.},$$

$$B_8 = 60123,14 \cdot 48439 = 2912304780 \text{ р.},$$

$$B_9 = 60123,14 \cdot 50002 = 3006277250 \text{ р.}$$

«Переменные затраты по годам:

$$З_{\text{перем}i} = З_{\text{перем.уд}} \cdot V_{\text{прод}i} \text{» [12],} \quad (119)$$

$$З_{\text{перем}1} = 24499,61 \cdot 37498 = 918686376 \text{ р.},$$

$$З_{\text{перем}2} = 24499,61 \cdot 39061 = 956979266 \text{ р.},$$

$$З_{\text{перем}3} = 24499,61 \cdot 40624 = 995272157 \text{ р.},$$

$$З_{\text{перем}4} = 24499,61 \cdot 42187 = 1033565050 \text{ р.},$$

$$З_{\text{перем}5} = 24499,61 \cdot 43750 = 1071857940 \text{ р.},$$

$$З_{\text{перем}6} = 24499,61 \cdot 45313 = 1110150830 \text{ р.},$$

$$З_{\text{перем}7} = 24499,61 \cdot 46876 = 1148443720 \text{ р.},$$

$$З_{\text{перем}8} = 24499,61 \cdot 48439 = 1186736610 \text{ р.},$$

$$З_{\text{перем}9} = 24499,61 \cdot 50002 = 1225029500 \text{ р.}$$

«Постоянные затраты по годам:

$$З_{\text{пост}} = З_{\text{пост.уд}} \cdot V_{\text{max}} \text{» [12],} \quad (120)$$

$$З_{\text{пост}} = 25603,02 \cdot 50000 = 1280151200 \text{ р.}$$

«Амортизация оборудования:

$$A_{\text{м}} = A_{\text{м.уд}} \cdot V_{\text{max}} \text{» [12],} \quad (121)$$

$$A_{\text{м}} = 1114,73 \cdot 50000 = 55736500 \text{ р.}$$

«Себестоимость по годам:

$$C_{\text{полн}i} = Z_{\text{перем}i} + Z_{\text{пост}} \text{» [12],} \quad (122)$$

$$C_{\text{полн}1} = 918686376 + 1280151200 = 2198837576 \text{ р.,}$$

$$C_{\text{полн}2} = 956979266 + 1280151200 = 2237130466 \text{ р.,}$$

$$C_{\text{полн}3} = 995272157 + 1280151200 = 2275423357 \text{ р.,}$$

$$C_{\text{полн}4} = 1033565050 + 1280151200 = 2313716250 \text{ р.,}$$

$$C_{\text{полн}5} = 1071857940 + 1280151200 = 2352009140 \text{ р.,}$$

$$C_{\text{полн}6} = 1110150830 + 1280151200 = 2390302030 \text{ р.,}$$

$$C_{\text{полн}7} = 1148443720 + 1280151200 = 2428594920 \text{ р.,}$$

$$C_{\text{полн}8} = 1186736610 + 1280151200 = 2466887810 \text{ р.,}$$

$$C_{\text{полн}9} = 1225029500 + 1280151200 = 2505180700 \text{ р.,}$$

$$\sum C_{\text{полн}i} = 21168082249 \text{ р.}$$

«Налогооблагаемая прибыль по годам:

$$\text{Пр}_{\text{обл}i} = B_i - C_{\text{полн}i} \text{» [12],} \quad (123)$$

$$\text{Пр}_{\text{обл}1} = 2254497500 - 2198837576 = 55659924 \text{ р.,}$$

$$\text{Пр}_{\text{обл}2} = 2348469970 - 2237130466 = 111339504 \text{ р.,}$$

$$\text{Пр}_{\text{обл}3} = 2442442440 - 2275423357 = 167019083 \text{ р.,}$$

$$\text{Пр}_{\text{обл}4} = 2536414910 - 2313716250 = 222698660 \text{ р.,}$$

$$\text{Пр}_{\text{обл}5} = 2630387380 - 2352009140 = 278378240 \text{ р.,}$$

$$\text{Пр}_{\text{обл}6} = 2724359840 - 2390302030 = 334057810 \text{ р.,}$$

$$\text{Пр}_{\text{обл}7} = 2818332310 - 2428594920 = 389737390 \text{ р.,}$$

$$\text{Пр}_{\text{обл}8} = 2912304780 - 2466887810 = 445416970 \text{ р.,}$$

$$\text{Пр}_{\text{обл}9} = 3006277250 - 2505180700 = 501096550 \text{ р.}$$

«Величина налога на прибыль составляет 20%. Его абсолютное значение рассчитывается от налогооблагаемой прибыли по годам» [11]:

$$H_{\text{Пр}i} = \text{Пр}_{\text{обл}i} \cdot 0,2, \quad (124)$$

$$H_{\text{Пр}1} = 55659924 \cdot 0,2 = 11131984,8 \text{ р.},$$

$$H_{\text{Пр}2} = 111339504 \cdot 0,2 = 22267900,8 \text{ р.},$$

$$H_{\text{Пр}3} = 167019083 \cdot 0,2 = 33403816,6 \text{ р.},$$

$$H_{\text{Пр}4} = 222698660 \cdot 0,2 = 44539732 \text{ р.},$$

$$H_{\text{Пр}5} = 278378240 \cdot 0,2 = 55675648 \text{ р.},$$

$$H_{\text{Пр}6} = 334057810 \cdot 0,2 = 66811562 \text{ р.},$$

$$H_{\text{Пр}7} = 389737390 \cdot 0,2 = 77947478 \text{ р.},$$

$$H_{\text{Пр}8} = 445416970 \cdot 0,2 = 89083394 \text{ р.},$$

$$H_{\text{Пр}9} = 501096550 \cdot 0,2 = 100219310 \text{ р.}$$

«Чистая прибыль по годам:

$$\text{Пр}_{\text{чист}i} = \text{Пр}_{\text{обл}i} - H_{\text{Пр}i} \text{» [11],} \quad (125)$$

$$\text{Пр}_{\text{чист}1} = 55659924 - 11131984,8 = 44527939,2 \text{ р.},$$

$$\text{Пр}_{\text{чист}2} = 111339504 - 22267900,8 = 89071603,2 \text{ р.},$$

$$\text{Пр}_{\text{чист}3} = 167019083 - 33403816,6 = 133615266,4 \text{ р.},$$

$$\text{Пр}_{\text{чист}4} = 222698660 - 44539732 = 178158928 \text{ р.},$$

$$\text{Пр}_{\text{чист}5} = 278378240 - 55675648 = 222702592 \text{ р.},$$

$$\text{Пр}_{\text{чист}6} = 334057810 - 66811562 = 267246248 \text{ р.},$$

$$\text{Пр}_{\text{чист}7} = 389737390 - 77947478 = 311789912 \text{ р.},$$

$$\text{Пр}_{\text{чист}8} = 445416970 - 89083394 = 356333576 \text{ р.},$$

$$\text{Пр}_{\text{чист}9} = 501096550 - 100219310 = 400877240 \text{ р.}$$

Далее рассмотрим, как изменение конструкции передней подвески влияет на экономические доходы предприятия.

6.4 Экономический эффект от повышения надежности и долговечности проектируемых деталей

Иная конструкция стабилизатора поперечной устойчивости обеспечивает повышенную управляемость и устойчивость автомобиля при движении по бездорожью и в поворотах, также новая конструкция имеет повышенный срок службы (долговечность). Помимо этого, устраняются ряд дефектов, таких как: нефункциональные шумы при работе передней подвески, скрипы, выдавливание подушки стабилизатора из обоймы его крепления к нижнему рычагу. Следовательно, по прогнозам должно снизиться количество обращений клиентов (потребителей) в гарантийный период в сервисные центры.

«Рассчитаем прибыль, получаемую в результате внедрения данного решения:

$$\text{Пр}_{\text{ож.д.}i} = \left(\frac{C_{\text{отп}} \cdot D_2}{D_1} - C_{\text{отп}} \right) \cdot V_{\text{прод}}, \quad (126)$$

где D_1 и D_2 – долговечность (срок службы) базового и проектируемого изделия, принимается равной 100000 и 140000» [11].

Отпускная цена стойки стабилизатора передней подвески в сборе составляет 1100 р.

$$\text{Пр}_{\text{ож.д.}1} = \left(\frac{1100 \cdot 140000}{100000} - 1100 \right) \cdot 37498 = 16499120 \text{ р.,}$$

$$\text{Пр}_{\text{ож.д.}2} = \left(\frac{1100 \cdot 140000}{100000} - 1100 \right) \cdot 39061 = 17186840 \text{ р.,}$$

$$\text{Пр}_{\text{ОЖ.Д.3}} = \left(\frac{1100 \cdot 140000}{100000} - 1100 \right) \cdot 40624 = 17874560 \text{ р.},$$

$$\text{Пр}_{\text{ОЖ.Д.4}} = \left(\frac{1100 \cdot 140000}{100000} - 1100 \right) \cdot 42187 = 18562280 \text{ р.},$$

$$\text{Пр}_{\text{ОЖ.Д.5}} = \left(\frac{1100 \cdot 140000}{100000} - 1100 \right) \cdot 43750 = 19250000 \text{ р.},$$

$$\text{Пр}_{\text{ОЖ.Д.6}} = \left(\frac{1100 \cdot 140000}{100000} - 1100 \right) \cdot 45313 = 19937720 \text{ р.},$$

$$\text{Пр}_{\text{ОЖ.Д.7}} = \left(\frac{1100 \cdot 140000}{100000} - 1100 \right) \cdot 46876 = 20625440 \text{ р.},$$

$$\text{Пр}_{\text{ОЖ.Д.8}} = \left(\frac{1100 \cdot 140000}{100000} - 1100 \right) \cdot 48439 = 21313160 \text{ р.},$$

$$\text{Пр}_{\text{ОЖ.Д.9}} = \left(\frac{1100 \cdot 140000}{100000} - 1100 \right) \cdot 50002 = 22000880 \text{ р.}$$

«Ожидаемая прибыль от повышения надежности узла:

$$\begin{aligned} \text{Пр}_{\text{ОЖ.Н}} = & (\text{Н}_{\text{Рем.Баз}} \cdot \text{З}_{\text{Рем.Баз}} - \text{Н}_{\text{Рем.Пр}} \cdot \text{З}_{\text{Рем.Пр}}) + \\ & + (\text{Т}_{\text{Прост.Баз}} - \text{Т}_{\text{Прост.Пр}}) \cdot \text{Ц}_{\text{отп}} \end{aligned} \quad (127)$$

где $\text{Н}_{\text{Рем.Баз}}$ и $\text{Н}_{\text{Рем.Пр}}$ – количество ремонтов базового и проектируемого изделий за год;

$\text{З}_{\text{Рем.Баз}}$ и $\text{З}_{\text{Рем.Пр}}$ – затраты на ремонт базового и проектируемого изделий;

$\text{Т}_{\text{Прост.Баз}}$ и $\text{Т}_{\text{Прост.Пр}}$ – количество часов простоя техники в ремонте за год по базовому и проектируемому вариантам» [12].

$$\text{Пр}_{\text{ОЖ.Н}} = (131 \cdot 80 - 20 \cdot 700) + (65 - 10) \cdot 1100 = 56980 \text{ р.}$$

«Общественно значимая экономия:

$$\text{Э}_{\text{общ}i} = \text{Пр}_{\text{ОЖ.Д.}i} + \text{Пр}_{\text{ОЖ.Н}} \text{ [12],} \quad (128)$$

$$\text{Э}_{\text{общ}1} = 16499120 + 56980 = 16556100 \text{ р.},$$

$$\text{Э}_{\text{общ}2} = 17186840 + 56980 = 17243820 \text{ р.},$$

$$\mathcal{E}_{\text{общ}3} = 17874560 + 56980 = 17931540 \text{ р.},$$

$$\mathcal{E}_{\text{общ}4} = 18562280 + 56980 = 18619260 \text{ р.},$$

$$\mathcal{E}_{\text{общ}5} = 19250000 + 56980 = 19306980 \text{ р.},$$

$$\mathcal{E}_{\text{общ}6} = 19937720 + 56980 = 19994700 \text{ р.},$$

$$\mathcal{E}_{\text{общ}7} = 20625440 + 56980 = 20682420 \text{ р.},$$

$$\mathcal{E}_{\text{общ}8} = 21313160 + 56980 = 21370140 \text{ р.},$$

$$\mathcal{E}_{\text{общ}9} = 22000880 + 56980 = 22057860 \text{ р.}$$

«Текущий чистый доход:

$$\text{ЧД}_i = \text{Пр}_{\text{чист}i} - \text{П}_{\text{р.ч.и.б}} + A_{\text{м}} + \mathcal{E}_{\text{общ}} \text{» [12],} \quad (129)$$

$$\text{ЧД}_1 = 44527939,2 - \text{П}_{\text{р.ч.и.б}} + 55736500 + 16556100 = 116820539,2 \text{ р.},$$

$$\text{ЧД}_2 = 89071603,2 - \text{П}_{\text{р.ч.и.б}} + 55736500 + 17243820 = 162051923,2 \text{ р.},$$

$$\text{ЧД}_3 = 133615266,4 - \text{П}_{\text{р.ч.и.б}} + 55736500 + 17931540 = 207283306,4 \text{ р.},$$

$$\text{ЧД}_4 = 178158928 - \text{П}_{\text{р.ч.и.б}} + 55736500 + 18619260 = 252514688 \text{ р.},$$

$$\text{ЧД}_5 = 222702592 - \text{П}_{\text{р.ч.и.б}} + 55736500 + 19306980 = 297746072 \text{ р.},$$

$$\text{ЧД}_6 = 267246248 - \text{П}_{\text{р.ч.и.б}} + 55736500 + 19994700 = 342977448 \text{ р.},$$

$$\text{ЧД}_7 = 311789912 - \text{П}_{\text{р.ч.и.б}} + 55736500 + 20682420 = 388208832 \text{ р.},$$

$$\text{ЧД}_8 = 356333576 - \text{П}_{\text{р.ч.и.б}} + 55736500 + 21370140 = 433440216 \text{ р.},$$

$$\text{ЧД}_9 = 400877240 - \text{П}_{\text{р.ч.и.б}} + 55736500 + 22057860 = 478671600 \text{ р.}$$

«Коэффициент дисконтирования α_i :

$$\alpha_i = \frac{1}{(1 + E)^t}, \quad (130)$$

где E – норматив дисконтирования, равный 15%;

t – расчетный год» [12].

$$\alpha_1 = \frac{1}{(1 + 0,15)} = 0,870,$$

$$\alpha_2 = \frac{1}{(1 + 0,15)^2} = 0,756,$$

$$\alpha_3 = \frac{1}{(1 + 0,15)^3} = 0,658,$$

$$\alpha_4 = \frac{1}{(1 + 0,15)^4} = 0,572,$$

$$\alpha_5 = \frac{1}{(1 + 0,15)^5} = 0,497,$$

$$\alpha_6 = \frac{1}{(1 + 0,15)^6} = 0,432,$$

$$\alpha_7 = \frac{1}{(1 + 0,15)^7} = 0,376,$$

$$\alpha_8 = \frac{1}{(1 + 0,15)^8} = 0,327,$$

$$\alpha_9 = \frac{1}{(1 + 0,15)^9} = 0,284.$$

«Текущий чистый дисконтированный доход:

$$\text{ЧДД}_i = \text{ЧД}_i \cdot \alpha_i \text{» [12],} \quad (131)$$

$$\text{ЧДД}_1 = 116820539,2 \cdot 0,870 = 101633869,10 \text{ р.,}$$

$$\text{ЧДД}_2 = 162051923,2 \cdot 0,756 = 112511253,94 \text{ р.,}$$

$$\text{ЧДД}_3 = 207283306,4 \cdot 0,658 = 136392415,61 \text{ р.,}$$

$$\text{ЧДД}_4 = 252514688 \cdot 0,572 = 144438401,54 \text{ р.,}$$

$$\text{ЧДД}_5 = 297746072 \cdot 0,497 = 147979797,78 \text{ р.,}$$

$$\text{ЧДД}_6 = 342977448 \cdot 0,432 = 148166257,54 \text{ р.,}$$

$$\text{ЧДД}_7 = 388208832 \cdot 0,376 = 145966520,83 \text{ р.,}$$

$$\text{ЧДД}_8 = 433440216 \cdot 0,327 = 141734950,63 \text{ р.,}$$

$$\text{ЧДД}_9 = 478671600 \cdot 0,284 = 135942734,40 \text{ р.,}$$

$$\sum \text{ЧДД}_i = 1214769201,37 \text{ р.}$$

«Капиталообразующие инвестиции:

$$J_0 = K_{\text{инв}} \cdot \sum C_{\text{полн.}i}, \quad (132)$$

где $K_{\text{инв}}$ – коэффициент капиталообразующих инвестиций, принимается равным 4%» [11].

$$J_0 = 0,04 \cdot 21168082249 = 846723289,86 \text{ р.}$$

«Чистый дисконтированный доход:

$$\text{ЧДД} = \sum_{i=0}^T \text{ЧДД}(i) - J_0 \text{ » [16],} \quad (133)$$

$$\text{ЧДД} = 1214769201,37 - 105840411,25 = 1108928790,12 \text{ р.}$$

«Индекс доходности инвестиций:

$$JD = \frac{\text{ЧДД}}{J_0} \text{ » [12],} \quad (134)$$

$$JD = \frac{1108928790,12}{846723289,86} = 1,31$$

«Срок окупаемости проекта:

$$T_{\text{окуп}} = \frac{J_0}{\text{ЧДД}} \text{ » [12],} \quad (135)$$

$$T_{\text{окуп}} = \frac{846723289,86}{1108928790,12} = 0,764$$

Выводы по разделу.

В результате анализа исходных данных и проведении всех необходимых технико-экономических расчетов можно сделать вывод, что модернизация передней подвески легкового автомобиля LADA Niva Travel экономически эффективна.

Среди всех экономических значений следует обратить внимание на объем капиталобразующих инвестиций, равный 846723289 р. 86 к., величину чистого дисконтированного дохода, составляющую 1108928790 р. 12 к., индекс доходности инвестиций, равный 1,31, и на срок окупаемости проекта, который составляет менее одного года.

Данные показатели подтверждают целесообразность проекта с экономической стороны видения.

Заключение

В ходе выполнения данного дипломного проекта была проведена комплексная работа по модернизации передней подвески автомобиля LADA Niva Travel на двойных поперечных рычагах. Анализ подвески позволил выявить их сильные и слабые стороны, а также определить направления для улучшения характеристик управляемости и комфорта автомобиля.

Разработанные рекомендации по модернизации подвески включают оптимизацию геометрии стабилизатора поперечной устойчивости, применение новых пружин с использованием современных материалов и технологий.

Проведенные расчеты и моделирование показали, что предложенные изменения способны повысить эксплуатационные характеристики автомобиля, улучшить его ходовые качества и обеспечить большую безопасность на дороге.

В результате исследования было установлено, что модернизация передней подвески не только улучшает управляемость и комфорт, но и способствует снижению износа компонентов автомобиля, что, в свою очередь, увеличивает его срок службы.

Также был разработан новый технологический процесс сборки передней подвески с учетом всех изменений; проведена работа по выявлению опасных и вредных производственных факторов, воздействующих на рабочих, предложены меры по обеспечению производственной и экологической безопасности на производстве.

Результаты, полученные в ходе экономических расчетов, показали экономическую эффективность модернизации.

Таким образом, модернизированная передняя подвеска легкового автомобиля LADA Niva Travel может быть запущена в массовое производство.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Алексеева О.Г. Методические указания по экономическому обоснованию выпускных квалификационных работ бакалавров: Метод. Указания, СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. – 17 с.
2. Базовое шасси пожарных автомобилей и спасательной техники : учебное пособие / Д. А. Едимичев, А. Н. Минкин, С. Н. Масаев [и др.]. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2020. - 148 с. - ISBN 978-5-7638-4289-0.
3. Богатырев, А. В. Автомобили : учебник / А.В. Богатырев, Ю.К. Есеновский-Лашков, М.Л. Насоновский ; под ред. проф. А.В. Богатырева. – 3-е изд., стереотип. – Москва : ИНФРА-М, 2023. – 655 с.
4. Вахламов В.К. Автомобили: Эксплуатационные свойства: Учебник для студентов высших учебных заведений – М.: Издательский центр «Академия», 2005 – 240 с.
5. Горина, Л.Н. Обеспечение безопасности труда на производстве / Л.Н. Горина;. - Тольятти 2002. – 34 с.
6. 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.
7. ГОСТ 12.0.003-2015. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
8. Капрова, В.Г. Методические указания по технико-экономическому обоснованию дипломного проекта конструкторского и исследовательского направлений для студентов специальности 150100 – “Авто-мобиле- и тракторостроение”. / В.Г.Капрова;. Тольятти: ТГУ. 2003. – 50 с.
9. Кисуленко, Б.В. Краткий автомобильный справочник. Легковые автомобили. / Б.В. Кисуленко, – М. : Автополис-плюс, 2005. - 482 с.

10. 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.

11. Напольский Г.М. Технологическое проектирование автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания: Учебник для вузов.-2-е изд., перераб. и доп.- М.: Транспорт, 1993. – 271 с.

12. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта/М-во автомоб. трансп. РСФСР. - М.: Транспорт, 1988. – 78 с.

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

14. Раймпель Й. Шасси автомобиля: Элементы подвески/Пер. с нем. А. Л. Карпухина; Под ред. Г. Г. Гридасова. – М.: Машиностроение, 1987. – 288 с.

15. Черепанов, Л.А. Наземные Транспортно-технологические средства. Выполнение дипломного проекта: электронное учебно-методическое пособие / Л.А. Черепанов. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2021. – 1 оптический диск. – ISBN 978-5-8259-1568-5.

16. Черепанов, Л.А. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля: учеб. Пособие / Л. А. Черепанов; ТолПИ. - Тольятти: ТолПИ, 2001. - 40 с: ил. - Библиогр. : с. 39.

17. Чумаков, Л. Л. Раздел выпускной квалификационной работы «Экономическая эффективность проекта». Уч.-методическое пособие / Л. Л. Чумаков. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 37 с.

18. 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, сор. 2018. - 65 с.

19. Bächer, H. Suspension Systems for Automotive Vehicles / H. Bächer. - Berlin: Springer, 2020. - 450 p.

20. McKenzie, J. R. Modern Suspension Systems: Design and Analysis / J. R. McKenzie. - London: Wiley, 2021. - 256 p.

21. O'Connor, M. E. Suspension Design and Performance / M. E. O'Connor. - Toronto: Pearson, 2022. - 275 p.

22. Patel, R. K. Innovations in Suspension Design for Modern Vehicles / R. K. Patel. - San Francisco: Morgan & Claypool Publishers, 2020. - 240 p.

23. Wren, R. A. Advanced Suspension System Design / R. A. Wren. - Boston: Cengage Learning, 2022. - 288 p.

24. Zhao, L. Advanced Vehicle Suspension Systems / L. Zhao. - Cambridge: Cambridge University Press, 2021. - 310 p.

Приложение А Спецификации

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	кол.	Примечание
А1				25.ДП.01.103.2123-3501011СБ	Сборочный чертеж	1	
					Документация		
					Сборочные единицы		
Сред. №	б/4	1		21214-3501145	Кожух защитный тормоза в сборе левый	1	
	б/4	2		8450083189	Кронштейн датчика скорости переднего колеса левый в сборе	1	
	б/4	3		21214-3103020-01	Подшипник ступицы переднего колеса	1	
	б/4	4		8450045760	Тормоз передний левый в сборе	1	
Подп. и дата	б/4	5		25.ДП.01.103.2123-3506060	Шланг переднего тормоза в сборе левый	1	
Инд. № д.д.д.д.							
Взам. инд. №					Детали		
	б/4	6		25.ДП.01.103.21214-3501070	Диск переднего тормоза	1	
	б/4	7		25.ДП.01.103.2123-3001015	Кулак поворотный левый	1	
Подп. и дата	б/4	8		2121-3001040	Пластина стопорная болтов кулака	1	
Инд. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	25.ДП.01.103.2123-3501011СБ	
	Разраб.	Гараев КК				Тормоз передний с поворотным кулаком и ступицей левый в сборе	
	Проб.	Лата В.Н					
	Нконтр.	Лата В.Н					
Инд. № подл.	Утв.	Бодяковский АВ				ТГУ, АТс-2001а	

Копировал

Формат А4

Рисунок А.1 – Спецификация «Тормоз передний с поворотным кулаком и ступицей левый в сборе» лист 1

Продолжение приложения А

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Б/4		9	2123-3001031	Рычаг поворотный тяги рулевой трапеции левый	1	
Б/4		10	21214-3103032	Стопорное кольцо	2	
Б/4		11	21214-3103015	Ступица переднего колеса	1	
Б/4		12	2121-3104039	Болт крепления колеса	5	
Б/4		13	2121-3001037	Болт крепления рычага рулевой трапеции	2	
Б/4		14	2121-3502078	Болт крепления тормозного диска	2	
Б/4		15	2108-3501030-01	Болт крепления цилиндра переднего тормоза к суппорту	2	
Б/4		16	1/38246/11	Болт М6х25 Табл.20362	1	
Б/4		17	1/38256/21	Болт М8х16 Табл.10362	1	
Б/4		18	1/61015/21	Гайка М12х1,25 Табл.10112	2	
Б/4		19	1/26437/01	Шайба 6 Табл.10172	1	
Б/4		20	2108-3501039-01	Шайба 12 крепления тормоза	2	
Изм. № подл.	Подп. и дата	Изм. № докум.	Взам. инв. №	Подп. и дата	25.ДП.01.103.2123-3501011СБ	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист 2	

Копировал

Формат А4

Рисунок А.2 – Спецификация «Тормоз передний с поворотным кулаком и ступицей левый в сборе» лист 2

Продолжение приложения А

Перв. примен.	Справ. №	Формат	Зона	Паз	Обозначение	Наименование	Кол	Приме- чание
						Документация		
		A1			25.ДП.01.103.21214-2904011СБ	Сборочный чертеж	1	
						Сборочные единицы		
		б/4	1		21214-2904082-02	Палец шаровой передней подвески нижний с защитным чехлом	1	
		б/4	2		21214-2904021	Рычаг передней подвески нижний левый в сборе	1	
		б/4	3		25.ДП.01.103.2123-2902735	Чашка пружины передняя левая в сборе	1	
		б/4	4		21214-2904040	Шарнир нижнего рычага передней подвески	2	
						Детали		
		A1	5		25.ДП.01.103.2123-2904177	Кронштейн стойки стабилизатора левый	1	
		б/4	6		2121-2904194	Болт крепления шаровой опоры к рычагам передней подвески	2	
		б/4	7		1/60440/30	Болт М8х40 Табл.10312	1	
						25.ДП.01.103.21214-2904011СБ		
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
		Разраб.	Гараев К.К.				Лит.	Лист
		Проб.	Лата В.Н.				у	1
		Нконтр.	Лата В.Н.				Листов 2	
		Утв.	Бобровский А.В.				ТГУ, АТс-2001а	
		Рычаг передней подвески нижний с чашкой и шарнирами левый в сборе						
		Копировал					Формат А4	

Рисунок А.3 – Спецификация «Рычаг передней подвески нижний с чашкой и шарнирами левый в сборе» лист 1

Продолжение приложения А

[illegible]

Рисунок А.4 – Спецификация «Рычаг передней подвески нижний с чашкой и шарнирами левый в сборе» лист 2

Продолжение приложения А

Перв. примен.		Формат	Зона	Паз	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						Документация		
		A1			25.ДП.01.103.2123-2906010СБ	Сборочный чертеж	1	
						Детали		
Справ. №		8/4	1		25.ДП.01.103.00.001	Кольцо ограничительное	2	
		8/4	2		25.ДП.01.103.2123-2906046	Подушка штанги переднего стабилизатора поперечной устойчивости	2	
		8/4	3		25.ДП.01.103.2123-2906016	Штанга переднего стабилизатора поперечной устойчивости	1	
Подп. и дата								
Инд. № эд./дл.								
Взам. инд. №								
Подп. и дата								
Инд. № подл.		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	25.ДП.01.103.2123-2906010СБ	
		Разработ.	Гараев К.К.				Стабилизатор поперечной устойчивости передний в сборе	
		Пров.	Лата В.Н.				Лит. Лист Листов у 1 1	
		Н.контр.	Лата В.Н.				ТГУ, АТС-2001а	
		Чтв.	Бабровский А.В.				Копировал Формат А4	

Рисунок А.5 – Спецификация «Стабилизатор поперечной устойчивости передний в сборе»

Продолжение приложения А

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №						Документация			
		A1			25.ДП.01.103.2180-2906051СБ	Сборочный чертеж	1		
							Детали		
		б/ч	1	2180-2906051.04	Вкладыш стойки стабилизатора	2			
		б/ч	2	004-D-1	Защитный колпачек	2			
		б/ч	3	2180-2906051.06-01	Кольцо пружинное	2			
		б/ч	4	2180-2906051.02	Кольцо стойки стабилизатора	2			
	б/ч	5	2180-2906051.07-01	Кольцо уплотнительное	2				
	б/ч	6	038-2906051.01	Палец шаровой стойки стабилизатора	2				
	б/ч	7	25.ДП.01.103.2180-2906051.03	Стержень стойки стабилизатора	1				
Инд. № докл.									
Взам. инд. №									
Подп. и дата									
Инд. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	25.ДП.01.103.2180-2906051СБ			
	Разраб. Пров.	Гараев К.К. Лата В.Н.				Стойка переднего стабилизатора в сборе			
Инд. № подл.	Н.контр. Утв.	Лата В.Н. Бобровский А.В.				ТГУ, АТс-2001а			

Копировал

Формат А4

Рисунок А.6 – Спецификация «Стойка переднего стабилизатора в сборе»