

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра Проектирование и эксплуатация автомобилей
(наименование)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Разработка передней подвески автомобиля Lada Vesta SW с
улучшенной плавностью хода.

Обучающийся

М.А.Серко

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент А.С.Тизилов

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

Консультанты

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

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

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

канд. пед. наук, доцент А.В. Егорова

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

Тольятти 2024

Аннотация

Автомобилю в нашем современном мире необходимо быть удобным для комфортной езды, простым в обслуживании, иметь надежную безопасность в эксплуатации, быть экономичным в расходе топлива во всех характеристиках.

В дипломном проекте на тему: “Разработка передней подвески автомобиля Lada Vesta SW с улучшенной плавностью хода” произведена модернизация базовой передней стойки амортизатора л/а Lada Vesta, посредством изменения конструкции. Вместо одной заявленной пружины сжатия, были разработаны две пружины разной жесткости, установленные последовательно на оси стойки. Изменена конструкция опорных чаш пружин.

Дипломный проект состоит из 97 страниц, включая введение, конструкторского раздела, технологического, раздела безопасности и экономической части проекта. В работе имеется графическая часть на 10 листах формата А1 и спецификация в разделе Приложение.

В первой части дипломного проекта описаны тенденции развития проектируемого изделия, а также классификации существующих типов конструкций.

Во второй части произведены расчеты определения тягового-мощностного баланса, динамического фактора, времени и пути разгона автомобиля, топливной экономичности на разных передачах.

Третья часть является конструкторской частью, в ней выполнены расчет упругой характеристики передней подвески, параметры демпфера, боковой занос автомобиля с учетом спроектированного узла и расчет стабилизатора поперечной устойчивости.

Четвертая часть представляет собой технологический раздел. В разделе выполнена технологическая схема сборки с перечнем сборочных работ.

Пятая часть дипломного проекта - безопасность и экологичность проекта. Описание рабочего места оборудования и его обслуживания.

Шестая часть дипломного проекта относится к экономическим расчетам себестоимости разрабатываемого изделия.

Annotation

The title of the graduation work is Development of the front suspension of Lada Vesta SW with improved smoothness.

The senior paper consists of an explanatory note on 92 pages, the list of references including foreign sources and the graphic part on 10 A1 sheets.

The key issue of the senior thesis is the modernization of the basic front shock absorber strut of the Lada Vesta, by changing the design.

The aim of the senior thesis is to improve the smoothness of the car ride and ensure comfort in driving the car by improving the design of the front suspension.

The graduation project provides a detailed description of the development trends of the designed product, calculations of the power balance, and calculations of the unit design taking into account safety and ecology production. The economic cost of the modified product was calculated.

Instead of one declared compression spring, two springs of different stiffness were developed, installed in series on the rack axis. The design of the spring support cups has been changed.

To summarize, we would like to emphasize that this work is relevant not only in solving the problem of smooth driving of a passenger car, but also in improving the comfort of the driver and passengers and vehicle controllability.

Содержание

Введение.....	6
1 Состояние вопроса	7
1.1 Подвеска. Назначение и устройство	7
1.2 Классификация подвесок	8
1.3 Выбор и описания выбранного варианта подвески.....	15
2 Тягово-динамический расчет автомобиля.....	16
2.1 Исходные данные	16
2.2 Подготовка исходных данных для тягового расчёта.....	17
2.3 Определение передаточного числа главной передачи	18
2.4 Внешняя скоростная характеристика двигателя.....	18
2.5 Определение передаточных чисел коробки передач.....	20
2.6 Скорость автомобиля на различных передачах	21
2.7 Сила тяги на ведущих колёсах.....	22
2.8 Силы сопротивления движению	23
2.9 Динамический фактор.....	24
2.10 Ускорения автомобиля	25
2.11 Величины обратные ускорениям автомобиля.....	26
2.12 Время и путь разгона	26
2.13 Мощностной баланс.....	29
2.14 Топливоно-экономическая характеристика	30
3. Конструкторская часть.....	32
3.1 Расчет подвески автомобиля LADA Vesta SW Cross	32
3.2 Определение статических нагрузок в пружине и шарнирах	34
3.3 Расчет упругого элемента подвески.....	37
3.4 Определение напряжений в пружинах	40
3.5 Определение упругой характеристики подвески.....	42
3.6 Боковой занос.	44
3.7 Расчет переднего стабилизатора поперечной устойчивости.....	51
4 Технологическая часть	58
4.1 Анализ технологичности конструкции изделия	58
4.2 Технологическая схема сборки, ее разработка	58
4.3 Составление перечня сборочных работ	60

5. Безопасность и экологичность объекта	66
5.1 Рабочее место, оборудование и выполняемые операции.....	66
5.2 Воздействие опасных и вредных производственных	68
факторов на работающих.	68
5.3 Мероприятия по обеспечению безопасных условий труда	72
6 Экономический раздел дипломного проекта	79
6.1 Техничко-экономическое обоснование объекта разработки	79
дипломного проекта.....	79
6.2 Расчет затрат и экономической эффективности	80
6.3 Расчет экономического эффекта от разработанной.....	86
конструкции	86
Заключение	89
Список используемой литературы и используемых источников.....	90
Приложение А	93
Приложение Б.....	94
Приложение В.....	95

Введение

Прогресс отрасли автомобилестроения тесно связан с созданием инновационных образцов транспортных средств, соответствующих современным требованиям безопасности. В автопроизводстве уделяется большое внимание модернизации машин с целью повышения их работоспособности и удовлетворения потребностей покупателей. Безопасность передвижения машины в значительной степени зависит от состояния внутренней атмосферы внутри салона, которая определяется эффективностью и автоматизацией систем, а также от шума и вибрации, которые зависят от принятия разумных конструктивных решений для удовлетворения запросов покупателя.

Исследование внутренней области машин демонстрирует значительную связь безопасности перемещения от характеристик устройств, обеспечивающих приятные условия. Дальнейшая модификация этих механизмов без разрешения задач оптимизации приводит к неправомерным издержкам, уменьшающим экономическую результативность разработки новых образцов и улучшения текущих. Анализ внешних воздействий, которые влияют на характеристики систем комфорта, имеет значительную значимость при разработке, принимая во внимание использование автомобиля в разнообразных погодных условиях и на разных типах дорог.

Электронные технологии могут гарантировать оптимальную производительность машины и часто используются в транспортных средствах для оптимизации производительности машины. Современные прочные материалы, такие как конструкционная сталь, углеродное волокно, алюминий способствуют снизить вес транспортного средства и повысить топливную экономичность.

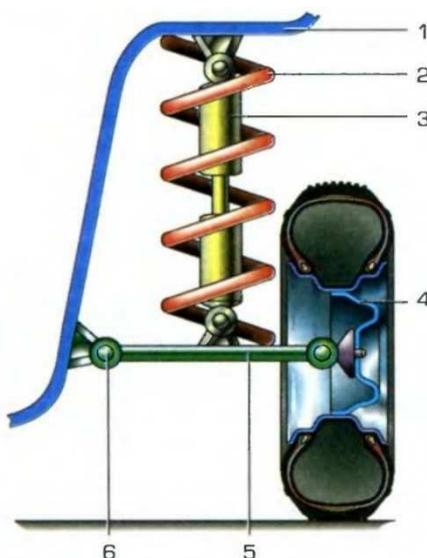
1 Состояние вопроса

1.1 Подвеска. Назначение и устройство

Подвеска обеспечивает комфорт и управляемость автомобиля, а также сохраняет стабильность автомобиля на дороге. На хорошо подобранной конструкции автомобиль оптимально справляется с неровностью дорожного покрытия, обеспечивая комфорт и удобство передвижения.

«Подвеска необходима для снижения передачи динамических нагрузок, то есть нагрузок, полученных при движении на саму несущую систему, кузов или раму, а также на пассажиров и на грузы.

Рассмотрим из чего состоит подвеска. Подвеска состоит из направляющих элементов, которые определяют общую геометрию подвески, а также определяет характер движения колёс от направляющих элементов» [9]
Элементы подвески на рисунке 1.



1 – Кузов; 2 – упругий элемент; 3 – гасящий элемент; 4 – колесо; 5 – направляющий элемент; 6 – шарнир;

Рисунок 1 – Элементы подвески автомобиля

Проектирование упругого элемента предполагает учет силы, которую он будет испытывать. Смягчение наносимых толчков, ударов и уменьшение вертикального ускорения достигается за счет способности упругого элемента гасить удары.

«Также в конструкции подвески присутствует так называемый гасящий элемент, это устройство, которое позволяет энергии возникший при колебаниях несущей системы рассеется за счёт трения и последующего нагрева.» [2]

«В настоящее время наиболее распространены гидравлические гасящие элементы, где энергия диссипации осуществляется с использованием трения в жидкости и последующего ее нагрева. В конструкции подвески широко применяется упругий элемент, известный как стабилизатор поперечной устойчивости, который служит для уменьшения крена при поворотах.» [1,9]

1.2 Классификация подвесок

Схема классификации актуальных подвесок представлена на рисунке 2.

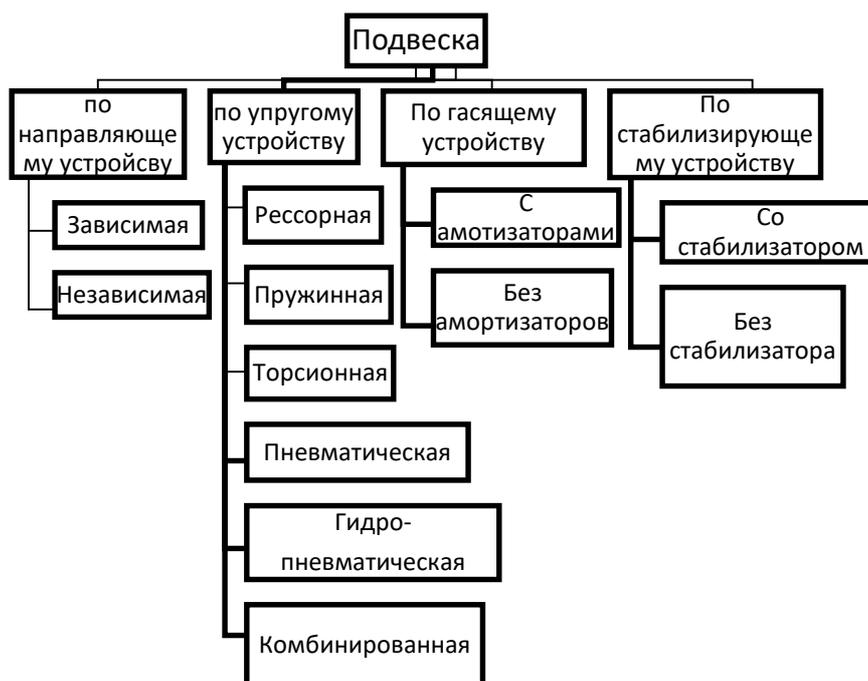
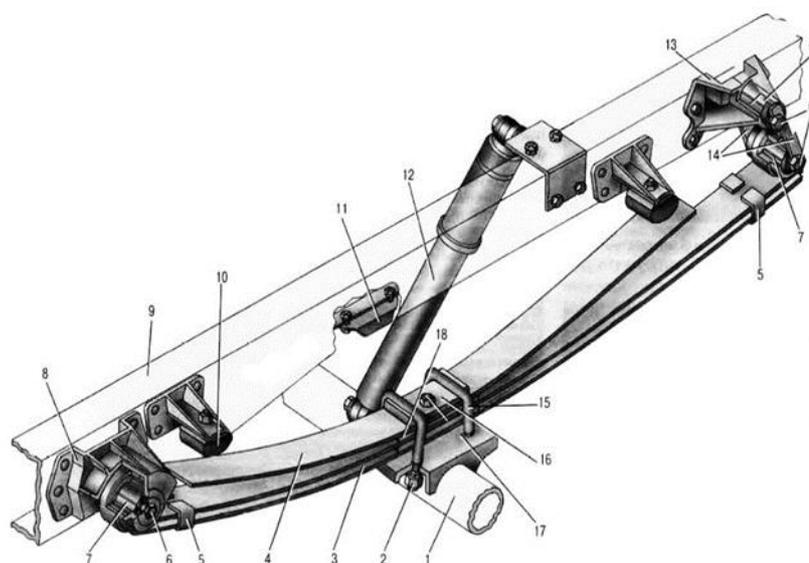


Рисунок 2 – Схема типов подвесок

«Главное отличие между различными видами автомобильных подвесок состоит в методе крепления колеса и применяемых деталях подвески. Один из самых распространённых типов подвески — зависимый, который использует жёсткий неразрезной мост с листовыми рессорами или пружинами» [9]

«Что касается элементов подвески, зависимая подвеска может быть оснащена либо листовыми рессорами, либо пружинами. Листовые рессоры, изображенные на рисунке 3, представляют собой горизонтально расположенные металлические пластины, соединенные между собой. Они обладают высокой прочностью и способны эффективно амортизировать возникающие колебания и удары во время езды.

Альтернативным вариантом для зависимой подвески являются пружины. Применение пружин позволяет более точно настраивать жесткость подвески и адаптировать ее под различные условия движения или предпочтения водителя. Далее подробнее остановимся на самых часто применяемых и заслуживающих внимания вариантах подвесок.» [6,9]



- 1 – Задний мост; 2 – гайка стремянки; 3 – рессора; 4 – дополнительная рессора;
 5 – хомут рессоры; 6 – палец; 7 – резинометаллический шарнир; 8, 13 – кронштейны; 9 – рама; 10 – подушка; 11 – буфер; 12 – амортизатор; 14 – серьга; 15 – стремянка; 16 – накладка стремянок; 17 – центральной болт; 18 – прокладка;

Рисунок 3 – Подвеска с рессорой

«Рессорная подвеска действительно имеет ряд преимуществ, таких как простота конструкции, способность переносить различные виды нагрузок и отсутствие необходимости в реактивных штангах и рычагах. Однако у неё также есть недостатки, такие как недостаточная гладкость хода и низкая энергоёмкость, что может привести к отскокам на неровной дороге. Кроме того, стоимость рессорной подвески может быть ниже, чем у аналогов с реактивными тягами и рычагами на пружинах, примерно в полтора раза.

Рассматриваемый тип подвески дальше, является подвеска с использованием неразрезного моста на пружинах с применением штанг и реактивных тяг и с применением тяги панара.» [3] Подвеска представлена на рисунке 4.



Рисунок 4 – Подвеска с неразрезным мостом

«По сравнению с использованием листовых рессор, подвеска с дополнительными направляющими элементами обладает определенными трудностями. Несмотря на свои недостатки, связанные с уменьшением внутреннего пространства автомобиля, она выигрывает в активности работы амортизатора благодаря возможности установки амортизатора и пружины на одной оси. Это препятствует появлению дополнительных качающихся движений. Такая подвеска, с ее большим количеством элементов, неизбежно увеличивает стоимость. Кроме того, обслуживание и ремонт этой подвески

довольно сложны, во-первых, из-за большого количества элементов, а во-вторых, из-за необходимости использования специального инструмента.» [3,9]

Следующий тип подвески – Н-образная торсионная балка. Полузависимая подвеска, на торсионной балке изображена на рисунке 5.



Рисунок 5 – Полузависимая подвеска

Полузависимая задняя подвеска — это надёжный и простой вариант, благодаря отсутствию направляющих элементов, лёгкому монтажу, компактности и небольшому весу. Однако стоит учесть, что эта подвеска может использоваться только на задней оси, что ограничивает её применение из-за проблем с внутренним пространством автомобиля.

«Конструктивно этот тип подвески используется на большинстве переднеприводных автомобилей и состоит из двух продольных рычагов, поперечной связи между ними, амортизирующих компонентов, упругих элементов и торсионной балки.» [9,12]

Рассмотрим следующий тип подвески - подвеска на продольных рычагах. Изображено на рисунке 6

Это наиболее простой тип независимой подвески, в котором каждое колесо одной оси присоединено к рычагу, которое закреплено на раме или кузове.

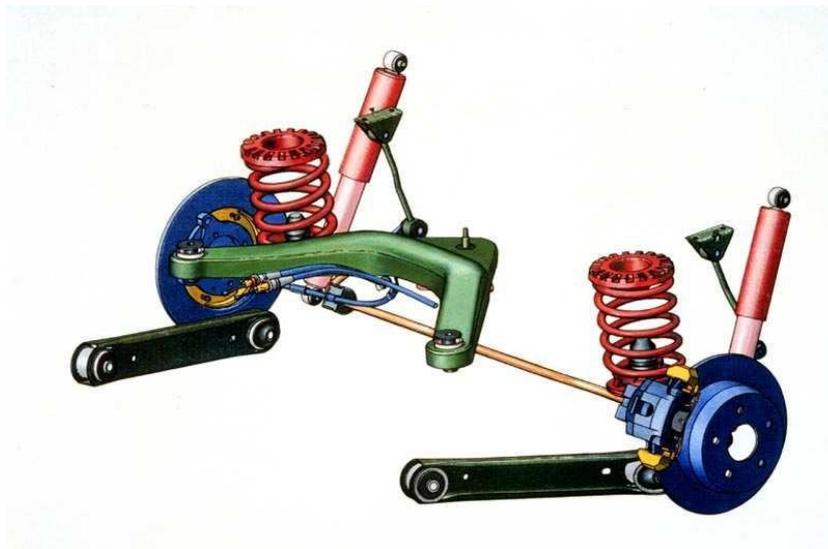


Рисунок 6 – Подвеска на продольных рычагах

«У этой подвески есть существенный недостаток — она вызывает значительное изменение колёсной базы автомобиля во время работы. При повороте колёса наклоняются вместе с кузовом сильнее, чем в других конструкциях. Однако низкая стоимость деталей можно считать преимуществом, так как все компоненты просты и дешёвы. Вместе с тем обслуживание этой подвески сложнее, чем у предыдущих вариантов, поскольку требует специального оборудования и высокой квалификации мастера. Кроме того, необходимы дополнительные регулировочные работы, особенно для углов установки.» [8,9]

«Тип подвески Макферсон, показанный на рисунке 7, или ещё её называют качающаяся свеча. Это самый распространённый тип и наиболее часто используемый вариант, по причине соотношения цена-качество для массового сегмента автомобилей. Поэтому более подробно остановимся на конструкции этого типа. Благодаря компактной конструкции подвеска Макферсон широко применяется на переднеприводных автомобилях, так как

дает возможность реализовать компоновку с поперечным расположением двигателя и трансмиссии, также к другим преимуществам данного типа подвески относятся простота конструкции и большой ход подвески, которые препятствуют пробую.» [9]

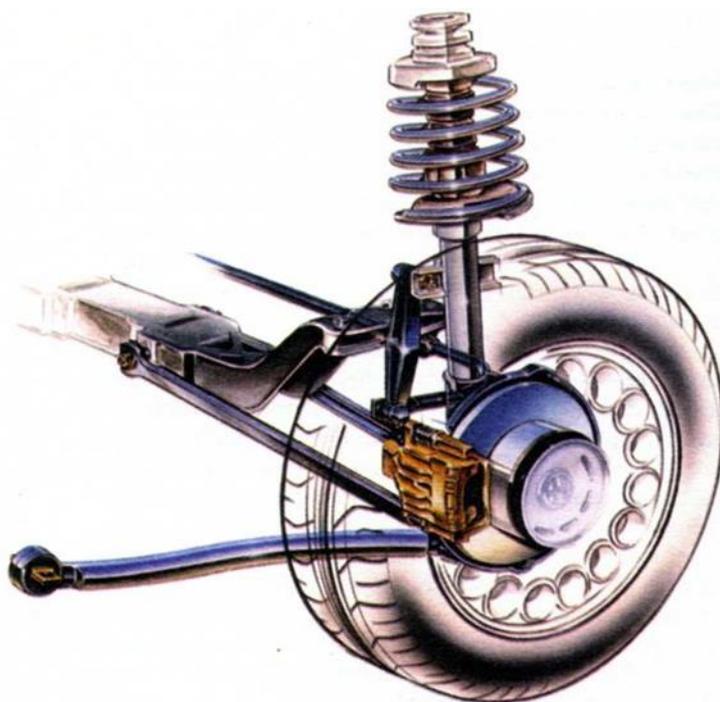


Рисунок 7 – Подвеска Макферсон

«Конструктивные особенности этой подвески, такие как, шарнирные крепления амортизаторной стойки, большой ход приводит к значительному изменению развала колёс, то есть угла наклона колеса к вертикальной плоскости, по этой причине данный тип подвески не применяется на спортивных автомобилях и автомобили премиум-класса. Макферсон состоит из подрамника, который в принципе является несущим элементом всей системы, амортизаторных стоек, который представляет из себя интегрированной узел, в состав которого входит и гасящий элемент, и упругий элемент, поворотный кулак, нижний поперечный рычаг и стабилизатор поперечной устойчивости.» [9,12,13]

Многорычажная подвеска, изображена на рисунке 8. Данный тип подвески обеспечивает лучшую управляемость, но малоэффективна – высокая стоимость обслуживания данного типа подвески.



Рисунок 8 – Независимая многорычажная подвеска

«Главные преимущества многорычажной подвески обусловлено её конструкцией, является высокая плавность хода, низкий уровень шума и лучше управляемость, к минусам необходимо отнести достаточно высокую стоимость и сложность изготовления.» [9]

«Представленная подвеска является сложной, требует спец инструмента, оборудования, приспособлений и достаточно высокой квалификации исполнителя.» [9,17]

«Основные компоненты подвески любого автомобиля включают телескопическую амортизаторную стойку, которая выполняет функции демпфирования, гашения и направления упругого элемента для предотвращения колебаний. Стойка состоит из верхней опоры, передающей нагрузку на кузов, пружины в качестве упругого элемента, пыльника для защиты амортизатора от загрязнений и буфера отбоя для снижения нагрузок на кузов при сжатии пружины. Стойка крепится к поворотному кулаку с помощью болтов и шарнирного соединения с поперечным рычагом. Поворотный кулак содержит ступичный узел с подшипником и ступицей, на которую крепятся элементы тормозной системы, включая тормозной диск. Также передняя подвеска часто включает стабилизатор поперечной устойчивости для уменьшения крена автомобиля, особенно при поворотах. Стабилизатор крепится к подрамнику и соединяется с амортизаторной стойкой через шарнирное соединение.» [9,14,16]

1.3 Выбор и описания выбранного варианта подвески

В процессе модернизации передней подвески автомобиля Lada Vesta было принято решение использовать независимую подвеску с улучшенной плавностью хода. Новая конструкция включает в себя телескопические гидравлические амортизаторы, винтовые цилиндрические пружины, нижние поперечные рычаги, стабилизатор поперечной устойчивости и ступицы передних колес с подшипниками. Основным элементом передней подвески является телескопическая гидравлическая стойка амортизатора. В верхней части стойки расположен гидравлический буфер отдачи, который увеличивает сопротивление в крайней точке хода амортизатора. Стабилизатор состоит из штанги, колена которой соединены со стойками через шаровые шарниры, а средняя часть крепится к кузову с помощью кронштейнов и резиновых втулок. Общая цель модернизации заключается в улучшении характеристик передней подвески и повышении комфортности хода автомобиля.

2 Тягово-динамический расчет автомобиля

2.1 Исходные данные

«Число ведущих колес.....	$n_k = 2$
Снаряженная масса, кг	$m_o = 1275$
Количество мест.....	5
Максимальная скорость, м/с.....	$V_{max} = 51,67$
Минимальная частота вращения колен. вала, рад/.....	$\omega_{min} = 88$
Максимальная частота вращения колен. вала, рад/с.....	$\omega_{max} = 680,7$
Коэффициент аэродинамического сопротивления.....	$C_x = 0,38$
Величина максимально преодолеваемого подъема.....	$\alpha_{max} = 0,20$
Коэффициент полезного действия трансмиссии.....	$\eta_{TP} = 0,91$
Площадь поперечного сечения, м ²	$H = 2,00$
Коэффициент сопротивления качению.....	$f_{ko} = 0,010$
Число передач в коробке передач.....	5
Распределение массы автомобиля по осям, %:	
передняя ось.....	51
задняя ось.....	49
Плотность воздуха, кг/м ³	$\rho = 1,293$
Плотность топлива, кг/л.....	$\rho_t = 0,72$ » [21]

2.2 Подготовка исходных данных для тягового расчёта

а) «Определяем полный вес и его распределение по осям:

$$G_A = G_0 + G_{\Pi} + G_B \quad (1)$$

где G_0 - снаряженный вес автомобиля;

G_{Π} - вес пассажиров;

G_B - вес багажа;» [21]

$$G_0 = m_0 \cdot g = 1275 \cdot 9,807 = 12504 \text{ Н} \quad (2)$$

$$G_{\Pi} = G_{\Pi 1} \cdot 5 = m_{\Pi 1} \cdot g \cdot 5 = 75 \cdot 9.807 \cdot 5 = 3678 \text{ Н} \quad (3)$$

$$G_B = G_{B1} \cdot 5 = m_{B1} \cdot g \cdot 5 = 10 \cdot 9.807 \cdot 5 = 490 \text{ Н} \quad (4)$$

$$G_A = 12504 + 3678 + 490 = 16672 \text{ Н}$$

$$G_I = G_A \cdot 51 = 16231 \cdot 0,51 = 8503 \text{ Н} \quad (5)$$

$$G_2 = G_A \cdot 49 = 16231 \cdot 0,49 = 8169 \text{ Н} \quad (6)$$

б) «Подбор шин.

Подбор шин производится по нагрузке, приходящейся на наиболее нагруженные колеса. На автомобиле установлены радиальные шины 205/50 R17» [21].

$$r_k = r_{ст} = (0.5d + k \cdot \lambda \cdot B) \quad (7)$$

$$r_k = r_{ст} = (0,5 \cdot 406,4 + 0,50 \cdot 0,85 \cdot 205) = 290 \text{ мм} = 0,290 \text{ м}$$

«где r_k – радиус качения колеса;

$r_{ст}$ – статический радиус колеса;

B = ширина профиля – 205 мм;

κ = отношение высоты профиля к ширине профиля– 0,50;

$d = 406,4$ – посадочный диаметр, мм;

$\lambda = 0,85$ – коэффициент типа шины.» [21]

2.3 Определение передаточного числа главной передачи

$$U_0 = \frac{r_k}{U_0} \cdot \frac{\omega_{max}}{v_{max}} \quad (8)$$

«Где U_k - передаточное число высшей передачи в КП, на которой обеспечивается максимальная скорость.

Примем значение передаточного числа высшей передачи равным 0,784» [21].

$$U_0 = (0.290 \cdot 680.7) / (0.784 \cdot 51.67) = 3.938$$

2.4 Внешняя скоростная характеристика двигателя

«Определяем мощность двигателя, обеспечивающую движение с заданной максимальной скоростью при заданном дорожном сопротивлении» [21].

$$N_v = \frac{1}{\eta_{TP}} \cdot \left(G_A \cdot \psi_v \cdot V_{max} + \frac{c_x \cdot \rho}{2} \cdot H \cdot V_{max}^3 \right) \quad (9)$$

«где ψ_v – коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля.

Для легковых автомобилей принимается, что максимальная скорость достигается на прямолинейном участке, из чего следует, что» [21]

$$\psi_v = f_0 \cdot \left(1 + \frac{V_{max}^2}{2000} \right) \quad (10)$$

$$\psi_v = 0,01 \cdot \left(1 + \frac{51,38^2}{2000} \right) = 0,023$$

$$N_v = \frac{1}{0.91} (16672 \cdot 0.023 \cdot 51.76 + \frac{0.38 \cdot 1.293 \cdot 2.00 \cdot 51.38^3}{2}) = 95046$$

$$N_{max} = \frac{N_v}{a \cdot \lambda + b \cdot \lambda^2 - c \cdot \lambda^3} \quad (11)$$

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

$\lambda = \omega_{max}/\omega_N$:» [21]

$$N_{max} = 95046 / (1 \cdot 1.10 + 1 \cdot 1.10^2 - 1 \cdot 1.10^3) = 97084 \text{ Вт}$$

«По полученным значениям N_{max} , N_v и формуле рассчитываем скоростную характеристику двигателя:» [21]

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

«где ω_e – текущие значения угловой скорости коленчатого вала, рад/с;

N_e – текущее значение эффективной мощности двигателя, Вт» [21]

«Определяем значения эффективного момента по формуле и приводим в таблицу 1:

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e} \quad (13)$$

Таблица 1 – Внешняя скоростная характеристика

Обороты двигателя, n_e об/мин	Угловая скорость, рад/с	Мощность двигателя, кВт	Момент двигателя, Н*м
840	87,96	15,510	176,33
1200	125,6637	22,946	182,59
1800	188,4956	35,901	190,46
2400	251,3274	49,025	195,06
3000	314,1593	61,707	196,42
3600	376,9911	73,333	194,51
4200	439,823	83,291	189,37
4800	502,6548	90,967	180,97
5400	565,4867	95,750	169,32
6000	628,3185	97,084	154,51
6600	691,1504	94,184	136,27

n_e - обороты двигателя, об/мин;» [21]

2.5 Определение передаточных чисел коробки передач

«Передаточное число первой передачи определяется по заданному максимальному дорожному сопротивлению и максимальному динамическому фактору на первой передаче.

В соответствии с этим должны выполняться следующие условия:» [21]

$$U_{k1} \geq \frac{G_a \cdot \Psi \cdot r_k}{M_{\max} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot U_0 \cdot U_p} \quad (14)$$

«где Ψ_{\max} - коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля» [21]

$$\Psi_{\max} = \Psi_v + \alpha_{\max} = 0.023 + 0.2 = 0.223 \quad (15)$$
$$U_{k1} \geq (16672 \cdot 0,223 \cdot 0,290) / (186,0 \cdot 0,91 \cdot 3,938) = 1,618$$

$$U_{k1} \geq \frac{G_{\text{сц}} \cdot \varphi \cdot r_k}{M_{\max} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot U_0} \quad (16)$$

«где $G_{\text{сц}}$ – сцепной вес автомобиля ($G_{\text{сц}} = G_1 \cdot m_1 = 8503 \cdot 0,9 = 7652,7 \text{Н}$;
 m_1 - коэффициент перераспределения нагрузки на передние колеса)
 φ – коэффициент сцепления ($\varphi = 0,8$).» [22]

$$U_1 \leq (7652,7 \times 0,8 \times 0,290) / (186,0 \times 0,91 \times 3,938) = 3,66$$

«Примем значение первой передачи равным: $U_1 = 3,600$.

Значения промежуточных ступеней КП рассчитываются на основании закона геометрической прогрессии:

Знаменатель геометрической прогрессии равен:» [21]

$$q = (U_1 / U_5)^{1/4} = (3,600 / 0,784)^{1/4} = 1,464 \quad (17)$$

$$U_1 = U_2 / q = 3,600 / 1,464 = 2,459; \quad (18)$$

$$U_1 = U_3 / q = 2,459 / 1,464 = 1,680; \quad (19)$$

$$U_1 = U_4 / q = 1,680 / 1,464 = 1,148; \quad (20)$$

$$U_5 = 0,784 / 1,464 = 0,535 \quad (21)$$

Расчетные данные приведены в таблице 2.

2.6 Скорость автомобиля на различных передачах

«Определяем возможные значения скорости на каждой передаче в зависимости от оборотов коленчатого вала:» [21]

$$v_A = 0,377 \cdot \frac{\eta_e \cdot r_k}{U_{кп} \cdot U_0} \quad (22)$$

Таблица 2 – Скорость автомобиля на различных передачах

п об/мин	V1	V2	V3	V4	V5
840	1,8	2,7	3,9	5,7	8,4
1200	2,8	4,1	6,0	8,8	12,9
1800	3,8	5,5	8,1	11,9	17,4
2400	4,8	7,0	10,2	14,9	21,9
3000	6,7	9,8	14,4	21,1	30,9
3600	7,7	11,3	16,5	24,1	35,3
4200	9,7	14,2	20,8	30,3	45,3
4800	10,7	15,3	22,7	33,7	49,8
5400	11,5	17,2	24,6	37,9	54,3
6000	13,6	19,8	29,3	42,8	63,3
6600	14,3	21,2	31,1	45,3	69,8

n_e - обороты двигателя, об/мин;

2.7 Сила тяги на ведущих колёсах

$$F_T = \frac{M_E \cdot U_{К.П.} \cdot U_0 \cdot \eta_{TP}}{r_K} \quad (23)$$

«Расчетные данные в таблице 3.

Таблица 3 – Тяговый баланс

Обор двс, n_e об/мин	Сила тяги на 1 передаче	Сила тяги на 2 передаче	Сила тяги на 3 передаче	Сила тяги на 4 передаче	Сила тяги на 5 передаче
840	7675	4249	2957	2050	1708
1200	8258	4399	3062	2123	1769
1800	8613	4589	3194	2214	1845
2400	8822	4700	3270	2268	1890
3000	8884	4733	3293	2284	1903
3600	8797	4687	3262	2261	1884
4200	8564	4563	3175	2202	1834
4800	8173	4361	3035	2104	1753
5400	7658	4080	2839	1969	1640
6000	6988	3723	2591	1797	1497
6600	6163	3284	2285	1585	1320

n_e - обороты двигателя, об/мин;» [21]

2.8 Силы сопротивления движению

«Сила сопротивления воздуху:

$$F_B = H \cdot \rho_B \cdot C_x \cdot \frac{V_A^2}{2} \quad (24)$$

Сила сопротивления качению:» [21]

$$F_f = G_\alpha \cdot \cos \alpha_d \cdot f \quad (25)$$

Тогда:

$$F_f = G_\alpha \cdot f, \quad \text{где } f = f_0 \cdot \left(1 + \frac{u_a^2}{2000}\right) \quad (26)$$

Вносим полученные данные в таблицу 4 и создаём графики, отражающие зависимость силы сопротивления от скорости автомобиля.

Таблица 4 - Силы сопротивления движению автомобиля

Скорость, м/с	Сила сопротивления качения, Н	Сила сопротивления воздуху, Н	Суммарная сила сопротивления движению, Н
0	166	0	166
5	169	12	181
10	178	49	227
15	192	111	303
20	211	197	408
25	236	307	543
30	267	442	709
35	303	602	905
40	345	786	1131
45	392	995	1387
50	445	1228	1673
55	503	1486	1989

u_A – обороты двигателя, об/мин

2.9 Динамический фактор

$$D = \frac{F_T - F_B}{G_A} \quad (27)$$

Расчёт, построение графиков динамической характеристики автомобиля созданы с помощью формулы силового баланса. Представленная характеристика является графиком зависимости динамического фактора от скорости движения на различных передачах при полной загрузке автомобиля. Результаты полученных расчётов заносятся в таблицу и отображаются графически.

Расчетные данные в таблице 5.

«Таблица 5 – Динамический фактор на передачах

Обороты двигателя, об/мин	Динамический фактор на 1ой передаче	Динамический фактор на 2ой передаче	Динамический фактор на 3ей передаче	Динамический фактор на 4ой передаче	Динамический фактор на 5ой передаче
840	0,431	0,310	0,207	0,143	0,095
1200	0,467	0,318	0,218	0,147	0,098
1800	0,484	0,327	0,221	0,149	0,097
2400	0,494	0,335	0,226	0,153	0,092
3000	0,498	0,342	0,227	0,151	0,087
3600	0,497	0,337	0,223	0,143	0,072
4200	0,493	0,334	0,221	0,132	0,061
4800	0,464	0,315	0,204	0,114	0,031
5400	0,446	0,291	0,190	0,102	0,023
6000	0,422	0,284	0,178	0,087	0,017
6600	0,363	0,236	0,141	0,056	0,006

n_e – обороты двигателя, об/мин;» [21]

2.10 Ускорения автомобиля

$$J = (D - f) \cdot g / \delta_{\text{вр}} \quad (28)$$

«Где $\delta_{\text{вр}}$ – коэффициент учета вращающихся масс,
 f – коэффициент суммарного сопротивления дороги. » [21]

$\delta_{\text{вр}}$ определяется по следующей формуле:

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

«где δ_1 – коэффициент учета вращающихся масс колес;

δ_2 – коэффициент учета вращающихся масс двигателя: $\delta_1 = \delta_2 = 0,03 - 0,05$;

U_k – передаточное число коробки передач на данной передаче. » [21]

Таблица 6 – Коэффициент учета вращающихся масс

	$U1$	$U2$	$U3$	$U4$	$U5$
$\delta_{\text{вр}} \angle$	1,420	1,209	1,117	1,073	1,046

«Таблица 7 – Ускорение автомобиля на передачах

Обороты двигателя, об/мин	Ускорение на 1ой передаче, м/с ²	Ускорение на 2ой передаче, м/с ²	Ускорение на 3ей передаче, м/с ²	Ускорение на 4ой передаче, м/с ²	Ускорение на 5ой передаче, м/с ²
840	3,02	2,42	1,76	1,22	0,81
1200	3,15	2,51	1,83	1,26	0,82
1800	3,28	2,59	1,89	1,29	0,78
2400	3,37	2,66	1,93	1,26	0,71
3000	3,39	2,66	1,90	1,24	0,61
3600	3,37	2,64	1,87	1,17	0,50
4200	3,32	2,59	1,82	1,12	0,37
4800	3,13	2,44	1,66	0,93	0,23
5400	3,02	2,32	1,56	0,78	-0,12
6000	2,64	2,02	1,28	0,48	-0,55
6600	2,52	1,89	1,18	0,38	-0,72

n_e – обороты двигателя, об/мин;» [21]

2.11 Величины обратные ускорениям автомобиля

«Требуется построить зависимость обратных ускорений от скорости. Поскольку при скоростях близких к максимальной ускорение стремится к нулю.» [21] Величины обратные ускорениям представлены на рисунке 8.

Таблица 8 – Величины обратные ускорениям автомобиля.

Обороты дв-ля, об/мин	1/j на 1ой передаче, с2/м	1/j на 2ой передаче, с2/м	1/j на 3ей передаче, с2/м	1/j на 4ой передаче, с2/м	1/j на 5ой передаче, с2/м
840	0,34	0,43	0,56	0,82	1,26
1200	0,33	0,41	0,54	0,80	1,25
1800	0,32	0,38	0,52	0,79	1,27
2400	0,31	0,37	0,51	0,80	1,45
3000	0,30	0,36	0,51	0,82	1,63
3600	0,29	0,37	0,54	0,86	1,96
4200	0,31	0,39	0,57	0,98	2,56
4800	0,32	0,41	0,60	1,09	4,54
5400	0,33	0,43	0,64	1,26	-8,3
6000	0,37	0,52	0,77	2,06	-1,74
6600	0,42	0,55	0,85	2,58	-1,42

n_e - обороты двигателя, об/мин

График обратных ускорений построенный на основе таблицы используется для определения зависимости времени разгона от скорости движения автомобиля.

2.12 Время и путь разгона

«Путь и время разгона автомобиля можно определить графоаналитическим способом. Смысл этого способа в замене интегрирования суммой конечных величин:» [21]

$$\Delta t = \int_{V_6}^{V_7} \frac{1}{j} \cdot d_v = (1/j_{cp})_7 \cdot (V_7 - V_6) \quad (30)$$

«С этой целью кривую обратных ускорений разбивают на интервалы и считают, что в каждом интервале автомобиль разгоняется с постоянным

ускорением $j = \text{const}$, которому соответствуют значения $(1/j_{cp}) = \text{const}$.

Эти величины можно определить следующим образом:» [21]

$$\left(\frac{1}{j_{cp}}\right)_k = \frac{(1/j)_{k-1} + (1/j)_k}{2} \quad (31)$$

=

«где k – порядковый номер интервала.

Заменяя точное значение площади под кривой $(1/j)$ в интервале ΔV_k на значение площади прямоугольника со сторонами ΔV_k и $(1/j_{cp})_k$, переходим к приближённому интегрированию:»[21]

$$\Delta t = \left(\frac{1}{j_{cp}}\right)_k \cdot (V_k - V_{k-1}) \quad (32)$$

$$t_1 = \Delta t_1, t_2 = \Delta t_1 + \Delta t_2, t_n = \sum_{k=1}^n \Delta t_k \quad (33)$$

«где t_1 – время разгона от скорости V_0 до скорости V_1 ,
 t_2 – время разгона до скорости V_2 .

Результаты расчёта, в соответствии с выбранным масштабом графика приведены в таблице 9:

Таблица 9 – Время разгона автомобиля

Диапазон скорости, м/с	Площадь, мм ²	Время, с
0-5	153	0,8
0-10	456	2,4
0-15	825	4,3
0-20	1277	6,2
0-25	1863	9,5
0-30	2603	13,0
0-35	3527	17,6
0-40	4685	23,4
0-45	6130	30,6

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

Величина площади элементарного прямоугольника определяется следующим образом:» [21]

$$\Delta S = V_{CPk} \cdot (t_k - t_{k-1}) = V_{CPk} \cdot \Delta t_k \quad (34)$$

«где $k = 1 \dots m$ – порядковый номер интервала, m выбирается произвольно ($m = n$).

Путь разгона от скорости V_0

до скорости V_1 : $S_1 = \Delta S_1$, (35)

до скорости V_2 : $S_2 = \Delta S_1 + \Delta S_2$, (36)

до скорости V_n : $S_n = \sum_{k=1}^m \Delta S_k$ (37)

Результаты расчёта заносятся в таблицу 10:» [21]

Таблица 10 – Путь разгона автомобиля

Диапазон скорости, V_A м/с	Путь, м	Площадь, $мм^2$
0-5	2	40
0-10	13	259
0-15	36	719
0-20	76	1520
0-25	142	2831
0-30	244	4882
0-35	394	7875
0-40	611	12226
0-45	918	18368

V_A – Скорость автомобиля в метрах в секунду, м/с

2.13 Мощностной баланс

«Для решения ряда вопросов, как, например, выбор передаточного числа главной передачи, исследование топливной экономичности автомобиля, удобным является анализ мощностного баланса автомобиля, который выражается уравнением:» [21]

$$N_T = N_e \cdot \eta_{TP} = N_f + N_{II} + N_B + N_u \quad (38)$$

«где

N_f - мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления качению;

N_B - мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления воздуха;

N_{II} - мощность, затрачиваемая на преодоление подъема ($N_{II} = 0$);

N_u - мощность, затрачиваемая на силы инерции ($N_u = 0$).» [21]

Распределение мощности, которая создается на ведущих колёсах автомобиля, с различными силами сопротивления движению отражается в данном уравнении. Расчетные данные отображены в таблицах 11 и 12.

«Таблица 11 – Мощностной баланс

Обороты двигателя, об/мин	Мощность на колесе, кВт
840	13,0
1200	21,2
1800	29,7
2400	38,4
3000	54,6
3600	62,6
4200	75,5
4800	80,2
5400	84,5
6000	87,4
6600	86,3

n_e – обороты двигателя, об/мин;» [21]

«Таблица 12 – Мощность сопротивления движению»

Скорость, м/с	Мощность сопротивления качения	Мощность сопротивления воздуха	Мощность суммарная
0	0,0	0,0	0,0
5	0,8	0,2	1,0
10	1,7	0,7	2,4
15	2,5	1,9	4,4
20	3,6	3,7	7,3
25	5,3	7,5	12,8
30	7,7	13,1	20,8
35	9,7	21,4	31,1
40	11,5	31,2	42,7
45	14,2	44,4	58,6
50	18,4	61,6	80,0
55	22,3	81,7	104
60	27,9	106,7	134,3
65	32,8	134,8	167,6

V_A – Скорость автомобиля в метрах в секунду, м/с;» [21]

2.14 Топливо-экономическая характеристика

«Для получения топливо-экономической характеристики следует рассчитать расход топлива при движении автомобиля на высшей передаче по горизонтальной дороге с заданными постоянными скоростями от минимально устойчивой до максимальной.» [21]

$$q_{\Pi} = \frac{k_{ск} \cdot k_{и} \cdot (F_{д} + F_{в}) \cdot g_{e \min} \cdot 1,1}{36000 \cdot \rho_{т} \cdot \eta_{тп}} \quad (39)$$

«где $g_{e \min} = 300$ г/кВт · ч – минимальный удельный эффективный расход топлива.» [21]

«Результаты расчётов сводят в таблицу 13 и представляют в виде графика.» [21]

Таблица 13 - Путевой расход топлива на высшей передаче.

Обороты дв-ля, об/мин	Скорость, м/с	$K_{ск}$	K_u	q_n
840	8,3	1,322	1,186	4,5
1200	12,8	1,284	1,144	5,2
1800	17,5	1,229	1,109	6,3
2400	21,8	1,162	1,075	7,4
3000	30,8	1,015	1,034	10,2
3600	35,2	0,947	1,024	11,4
4200	44,3	0,876	1,014	15,2
4800	48,7	0,910	1,012	19,1
5400	53,2	1,036	1,022	25,7
5790	57,7	1,328	1,036	38,7
6000	62,4	1,896	1,056	64,7

Графики, созданные на основе информации из этого подраздела, размещены на листе А1 данной работы.

3. Конструкторская часть

3.1 Расчет подвески автомобиля LADA Vesta SW Cross

«Исходные данные

Снаряженная масса	$m_o = 1275$ кг
Масса колеса	$m_k = 10$ кг
Угол наклона оси поворота колеса	$\delta'_0 = 2^\circ$
Плечо обкатки	$R_0 = 0,019$ м
Угол наклона нижнего рычага к оси X	$\beta = 30^\circ$

Нагрузка на колеса.

Масса автомобиля в снаряженном состоянии составляет:

$$m_{a1} = m_o \quad (40)$$

Конструктивная нагрузка автомобиля:» [4,20]

$$m_{a2} = m_o + 3 \cdot m_{ч} \quad (41)$$

«где $m_{ч}$ – масса одного пассажира, $m_{ч} = 75$ кг.

Полная нагрузка автомобиля, соответствующая полной массе автомобиля:
»[5]

$$m_{a3} = m_o + 5 \cdot m_{ч} + 5 \cdot m_{б} \quad (42)$$

«Распределение массы автомобиля по осям»[4]

$$m_n = m_a \cdot k_a \quad (43)$$

$$m_z = m_a \cdot (1 - k_a) \quad (44)$$

«где m_n – масса, приходящаяся на переднюю ось, m_z – масса, приходящаяся на заднюю ось, k_a – коэффициент развесовки.

Примем:

- для снаряженного состояния: $k_{a1} = 0,63$;

- для проектной нагрузки: $k_{a2} = 0,6$;
- для полной нагрузки: $k_{a3} = 0,56$.

Нагрузка, приходящаяся на ось автомобиля: »[5,22]

$$G_n = m_n \cdot g \quad (45)$$

$$G_3 = m_3 \cdot g \quad (46)$$

«Нагрузка, приходящаяся на колесо передней оси автомобиля:» [4]

$$N_v = G_n / 2 \quad (47)$$

«Полученные результаты для передней оси автомобиля представлены в таблице 14.» [4]

Таблица 14 – Полученные результаты

Параметр	Нагрузка автомобиля		
	Снаряженная	Конструктивная	Полная
Коэффициент развесовки	0,63	0,6	0,56
Масса а/м, кг	1275	1500	1700
Масса а/м на переднюю ось, кг	775	901	953
Нагрузка на передние колеса а/м, Н	3798	4412	4667
Нагрузка на переднюю ось а/м, Н	7598	8824	9335

«Подрессоренные и неподрессоренные массы.

Масса неподрессоренных частей передней оси автомобиля: »[4,13]

$$m_{нп} = 2 \cdot m_k \cdot k_{нп} , \quad (48)$$

«где $k_{нп}$ – коэффициент неподрессоренных масс, для передней оси, а/м примем $k_{нп} = 2$.» [5]

$$m_{нп} = 2 \cdot 10 \cdot 2 = 40 \text{ (кг)}$$

«Масса поддрессоренных частей передней оси автомобиля:» [4]

$$m_{пм} = m_n - m_{нп} \quad (49)$$

«Полученные результаты для передней оси автомобиля представлены в таблице 15.» [4]

«Таблица 15 – Данные передней подвески

Параметр	нагрузка автомобиля		
	Снаряженная	Конструктивная	Полная
Поддрессоренная масса передней оси автомобиля, кг	735	860	912

3.2 Определение статических нагрузок в пружине и шарнирах

«Уравнение моментов относительно точки В с учетом нагрузки N_v на колесо и обозначений расстояний:» [4]

$$A_x \cdot (c + o) = N_v \cdot b, \quad (50)$$

$$b = R_o + d \cdot \operatorname{tg}(\delta_o) \quad (51)$$

$$b = 0,0312 \text{ (м)}$$

«где A_x – сила нагружающая шток амортизатора на изгиб;

N_v – нормальная (вертикальная) нагрузка, действующая на кузов.» [4]

$$N_v = (N_v - U_y) / 2, \quad (52)$$

«где U_y – вес неподрессоренных частей» [4]

$$U_y = m_{\text{нп}} \cdot g \quad (53)$$

$$U_y = 40 \cdot 9,81 = 392,4 \text{ (Н)}$$

«Таким образом, сила, нагружающая шток амортизатора на изгиб:» [4]

$$A_v = N'_v \cdot b / (c + o) \quad (55)$$

«Поскольку сумма всех сил в направлении оси Y равна нулю, статическая нагрузка на пружину:» [4]

$$A_y = N_y + B_y, \quad (55)$$

«где N_y – составляющая реакции дороги на колесо, направленная вдоль оси Y , Н; B_y – Реакция в нижней опоре амортизатора, направленная вдоль оси амортизатора, Н.» [4]

$$N_y = N_v \cdot \cos(d_0) \quad (56)$$

$$B_y = B_x \cdot \operatorname{tg}(b + d_0) \quad (57)$$

«Принимая $\Sigma F_x = 0$ можно определить силу B_x , приложенную в нижней опоре амортизатора и направленную вдоль оси X :» [4]

$$B_x = A_x + N_x, \quad (58)$$

«где N_x – составляющая реакции дороги на колесо, направленная вдоль оси X , Н.» [4]

$$N_x = N_v \cdot \sin(\delta_0) \quad (59)$$

«Полученные результаты представлены в таблице 16.» [4]

«Таблица 16 – Результаты для передней оси

Параметры	Нагрузка автомобиля		
	Снаряженная	Конструктивная	Полная
Нормальная нагрузка, действующая на кузов, Н	3603	4216	4863
Составляющая реакции дороги на колесо, направленная перпендикулярно оси амортизатора, Н	125	147	169
Составляющая реакции дороги на колесо, направленная вдоль оси амортизатора, Н	3601	4213	4860
Реакция в нижней опоре амортизатора, направленная перпендикулярно оси амортизатора, Н	365	427	492
Реакция в нижней опоре амортизатора, направленная вдоль оси амортизатора, Н	228	267	308
Сила, нагружающая шток амортизатора на изгиб, Н	239	280	323
Статическая нагрузка на пружину, Н	3829	4480	5167

Определение параметров шин.

На автомобиле установлены радиальные шины 205/50 R17. Выполним проверочный расчет шины на грузоподъемность:

Наружный диаметр шины:» [4]

$$d_{ш} = d_0 + 2 \cdot B \cdot (H/B) \quad (60)$$

«где d_0 – посадочный диаметр, м, $d_0 = 0,431$ м;

B – ширина профиля шины, м, $B = 0,205$ м;

H/B – отношение высоты профиля к ширине профиля, $H/B = 0,5$.

$$d_{ш} = 0,431 + 2 \cdot 0,205 \cdot 0,5 = 0,636 \text{ (м)}$$

Радиус колеса:

$$r_k = \frac{d_{ш}}{2} \quad (61)$$

$$r_k = 0,636 / 2 = 0,318 \text{ (м)}$$

Грузоподъемность шины:

$$G_{ш} = \frac{d_{ш} + B}{d_0 + B} \cdot K_{ш} \cdot B^2 \quad (62)$$

где $K_{ш}$ – коэффициент грузоподъемности шины, $K_{ш} = 0,15 \dots 0,17$ МПа, примем $K_{ш} = 0,16$ МПа;

$$G_{ш} = \frac{0,636 + 0,205}{0,431 + 0,205} \cdot 0,16 \cdot 0,205^2 = 8891,3$$

Значение $G_{ш}$ должно превышать максимальную нагрузку, приходящуюся на колесо, т.е. должно выполняться условие:

$$G_{ш} > N_V$$

$$8891,3 \text{ (Н)} > 4668 \text{ (Н)}$$

Следовательно, условие выполнено.» [4,22]

3.3 Расчет упругого элемента подвески

«Исходя из рекомендаций, для обеспечения у автомобиля высокой плавности хода желаемая собственная частота колебаний поддрессоренных масс передней подвески должна быть в диапазоне $55 \dots 80 \text{ мин}^{-1}$ ($0,9 \dots 1,3 \text{ Гц}$). Таким образом примем значение собственной частоты колебаний передней подвески:» [4]

$$n_{II} = 70 \text{ мин}^{-1} (1,17 \text{ Гц})$$

«Тогда жесткость передней подвески:» [4]

$$C = (m_{II} - m_{HM}) \cdot (2\pi \cdot n_{II})^2 \quad (63)$$
$$C = 36131 \text{ (Н/м)}$$

«При проектировании подвески расчетной является конструктивная нагрузка, приходящиеся на ось.

Требуемая жесткость пружины определяется исходя из жесткости подвески:» [4]

$$C_{II} = i_y^2 \cdot C, \quad (64)$$

«где i_y – мгновенная передаточная функция направляющего аппарата подвески в статике по силам, определяемая соотношением: »[4]

$$i_y = A_y / N'_y \quad (65)$$

$$i_y = 1,063$$

$$C_{II} = 40827 \text{ (Н/м)}$$

«При последовательном соединении упругих элементов формула для определения их суммарной жесткости принимает вид:» [4]

$$C_{II\Sigma} = C_{II}^{осн} \cdot C_{II}^D / (C_{II}^{осн} + C_{II}^D) \quad (66)$$

«Исходя из анализа конструкций аналогов примем следующие предварительные значения жесткости пружин:» [4]

$$C_{II}^{осн} = 9 \text{ (кг/мм)} = 90 \text{ (кН/м)}$$

$$C_{II}^D = 6 \text{ (кг/мм)} = 60 \text{ (кН/м)}$$

$$C_{II\Sigma} = 36000 \text{ (Н/м)}$$

«Определим число рабочих витков пружины:» [2,4]

$$z = \frac{G_{II} \cdot d_{np}^4}{8 \cdot C_{II} \cdot D_{np}^3} \quad (67)$$

«где G_{II} – модуль сдвига, МПа, $G_{II} = 7,85 \cdot 10^5$ МПа;

d_{np} – диаметр прутка, мм; примем $d_{np}^{очн} = 0,0125$ м, $d_{np}^Д = 0,0125$ м;

D_{cp} – средний диаметр пружины, мм; примем $D_{cp}^{очн} = 0,090$ м, $D_{cp}^Д = 0,090$ м.

Число рабочих витков пружины:

$$Z^{очн} = 3,7$$

$$Z^Д = 5,50$$

Полное число витков пружины:» [4]

$$z_{II} = z + 1,5$$

$$Z^{очн} = 5,2$$

$$Z^Д = 7$$

«Фактическую жесткость пружин:» [4]

$$C_{II} = \frac{G_{II} \cdot d_{np}^4}{8 \cdot z \cdot D_{np}^3} \quad (68)$$

$$C_{II}^{очн} = 65723 \text{ (Н/м)}$$

$$C_{II}^Д = 46946 \text{ (Н/м)}$$

$$C_{II\Sigma} = 27984 \text{ (Н/м)}$$

Фактическую жесткость подвески:

$$C_{II} = C_{II\Sigma} / i_Y^2 \quad (69)$$

$$C_{II} = 24235 \text{ (Н/м)}$$

Нагрузка на колесо:

$$P_k = (N_v - m_{III} \cdot g) \cdot i_Y \quad (70)$$

Следовательно:

$$\text{при снаряженной нагрузке} \quad P_k^c = 3621 \text{ (Н)}$$

$$\text{при конструктивной нагрузке} \quad P_k^k = 4413 \text{ (Н)}$$

$$\text{при полной нагрузке} \quad P_k^II = 4554 \text{ (Н)}$$

«Статический прогиб пружин:» [4]

$$f = \frac{P_k^{\text{п}}}{C} \quad (71)$$

$$f_{\text{ст}}^{\text{очн}} = 0,069(\text{м})$$

$$f_{\text{ст}}^{\text{д}} = 0,097(\text{м})$$

«Суммарный статический прогиб пружин:»[4]

$$f_{\text{ст}}^{\Sigma} = f_{\text{ст}}^{\text{очн}} + f_{\text{ст}}^{\text{д}} \quad (72)$$

$$f_{\text{ст}}^{\Sigma} = 0,166(\text{м})$$

«Частота свободных колебаний:» [4]

$$n_{\text{п}} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{m_{\text{пп}} \cdot g}{f_{\text{ст}} \cdot m_{\text{пп}}}} \quad (73)$$

$$n_{\text{п}} = \sqrt{\frac{300^2}{f_{\text{ст}}}} = \frac{300}{\sqrt{f_{\text{ст}}}} \quad (74)$$

$$n_{\text{п}} = 73,63 \approx 74 (\text{мин}^{-1}) = 1,22 (\text{Гц})$$

«Полученное значение частоты укладывается в рекомендуемый интервал.

«Определим шаг навивки пружины» [4]

$$t_{\text{п}} = d_{\text{пр}} + \frac{(f_{\text{ст}} + f_{\text{д}})}{z_{\text{раб}}} + \Delta \quad (75)$$

«где « $\Delta_{\text{в}}$ – зазор между витками; $\Delta_{\text{в}} = (10 \dots 15) \cdot 10^{-3}$ м.

$$\Delta_{\text{в}} = 13 \cdot 10^{-3} \text{ м} \gg [4]$$

$$t_{\text{п}}^{\text{о}} = 0,054 (\text{м})$$

$$t_{\text{п}}^{\text{д}} = 0,052 (\text{м})$$

«Длина пружины, сжатой до соприкосновения витков: »[4]

$$H_{\text{сж}} = (z_{\text{л}} - 0,5) \cdot d_{\text{пр}} \quad (76)$$

$$H_{\text{сж}}^{\text{очн}} = 0,056 (\text{м})$$

$$H_{\text{сж}}^{\text{д}} = 0,082 (\text{м})$$

«Найдем длину пружины в свободном состоянии:» [4]

$$H_0 = H_{сж} + z_p \cdot (t_{п} - d_{пр}) \quad (77)$$

$$H_0^{очн} = 0,207 \text{ (м)}$$

$$H_0^д = 0,273 \text{ (м)}$$

«Определим статический прогиб:» [4]

$$h_{ст} = \frac{P_k^c}{C} \quad (78)$$

$$h_{ст}^{очн} = 0,055 \text{ (м)}$$

$$h_{ст}^д = 0,077 \text{ (м)}$$

«Тогда длина пружины под статической нагрузкой:» [4]

$$H_1 = H_0 - h_{ст} \quad (79)$$

$$H_1^{очн} = 0,152 \text{ (м)}$$

$$H_1^д = 0,196 \text{ (м)}$$

«Нагрузка пружины при статической длине:» [4]

$$P_1 = P_k^c$$

$$P_1^{очн} = P_1^д = 3621 \text{ (Н)}$$

«Нагрузка пружины при полном динамической ходе сжатия:» [4,13]

$$P_2 = (H_0 - H_2) \cdot C_{п} \quad (80)$$

$$P_2^{очн} = 5455 \text{ (Н)}$$

$$P_2^д = 4695 \text{ (Н)}$$

«Нагрузка пружины, сжатой до соприкосновения витков, равна:» [4]

$$P_3 = (H_0 - H_3) \cdot C_{п} \quad (81)$$

$$P_3^{очн} = 9924 \text{ (Н)}$$

$$P_3^д = 8967 \text{ (Н)}$$

3.4 Определение напряжений в пружинах

«Максимальное напряжение сдвига при работе пружины наблюдается на внутренней поверхности витка пружины, так как касательные напряжения от кручения и поперечной силы суммируются.

Напряжения в цилиндрической пружине, свитой из прутка круглого сечения, для любой нагрузки:» [4]

$$\tau = \frac{8 \cdot k \cdot D_{cp} \cdot P}{\pi \cdot d_{пр}^3} \quad (82)$$

«где P – действующая нагрузка;

k – коэффициент формы пружины, учитывающий концентрацию напряжений на внутренней поверхности витка от кривизны прутка и действия поперечной силы.» [4]

$$k^{осн} = 1,13$$

$$k^д = 1,13$$

«Касательное напряжение при статической нагрузке:» [4]

$$\tau_{ст}^{осн} = 480(\text{МПа})$$

$$\tau_{ст}^д = 480(\text{МПа})$$

«Касательное напряжение при динамической нагрузке:» [4]

$$\tau_д^{осн} = 723(\text{МПа})$$

$$\tau_д^{осн} = 623(\text{МПа})$$

«Касательное напряжение при нагрузке, сжатой до соприкосновения витков:» [4]

$$\tau_3^{осн} = 1300(\text{МПа})$$

$$\tau_3^{осн} = 1189(\text{МПа})$$

«Предел прочности для стали 60С2Г по ТУ 14-1-530-73 составляет:» [4]

$$G_s = 147 \text{ кгс/мм}^2 = 1471 \text{ Мпа}$$

«Условие работоспособности пружин выглядит следующим образом:» [4]

$$\frac{\tau_{MAX}}{G_s} < 0,85$$

«Проверим для основной пружины:

$$\frac{t_{MAX}}{G_S} = 0,83 < 0,85 \Rightarrow \text{условие выполнено.}$$

$$\frac{t_{MAX}}{G_S} = 0,81 < 0,85 \Rightarrow \text{условие выполнено.} \text{ [4]}$$

«Важно отметить, что фактические касательные напряжения в пружинах ниже расчетных значений из-за наличия обратных остаточных напряжений, возникающих вследствие термической обработки пружины, величина которой составляет 2,5...3,5 мм.» [4]

3.5 Определение упругой характеристики подвески

Динамический ход подвески:

$$f_d = K \cdot f_{ст} = 0,6 \cdot 0,166 = 0.116(\text{м}) \quad (83)$$

Ход отбоя:

$$f_{от} = K \cdot f_{ст} = 0,8 \cdot 0,166 = 0.133(\text{м}) \quad (84)$$

Ход подвески, приходящийся на буферы сжатия:

$$f_{буф.сж} = K \cdot f_d = 0,3 \cdot 0,116 = 0.035(\text{м}) \quad (85)$$

Ход подвески, приходящийся на буферы отбоя:

$$f_{буф.от} = K_0 \cdot f_{ст} = 0,15 \cdot 0,166 = 0.025(\text{м}) \quad (86)$$

Энергоемкость подвески (максимальную динамическую нагрузку, воспринимаемую подвеской)

$$Q_{max} = P_c^н \cdot K_d = 4554 \cdot 2 = 9108(\text{Н}), \quad (87)$$

где K_d – коэффициент динамичности ($K_d = 2 \dots 2,5$).

Определяем приведенную жесткость подвески:

$$C_{\Pi} = P_{д}/f_{ст} = 9108/0.166 = 54867(\text{Н/м}) \quad (88)$$

Определяем жесткость верхнего упора:

$$C_{уп}^в = 100134(\text{Н}) = 100(\text{кН}) \quad (89)$$

Определяем жесткость нижнего упора:

$$C_{уп}^н = 128032(\text{Н}) = 128(\text{кН}) \quad (90)$$

«Упругая характеристика представлена в виде графика на рисунке 9.» [4,22]

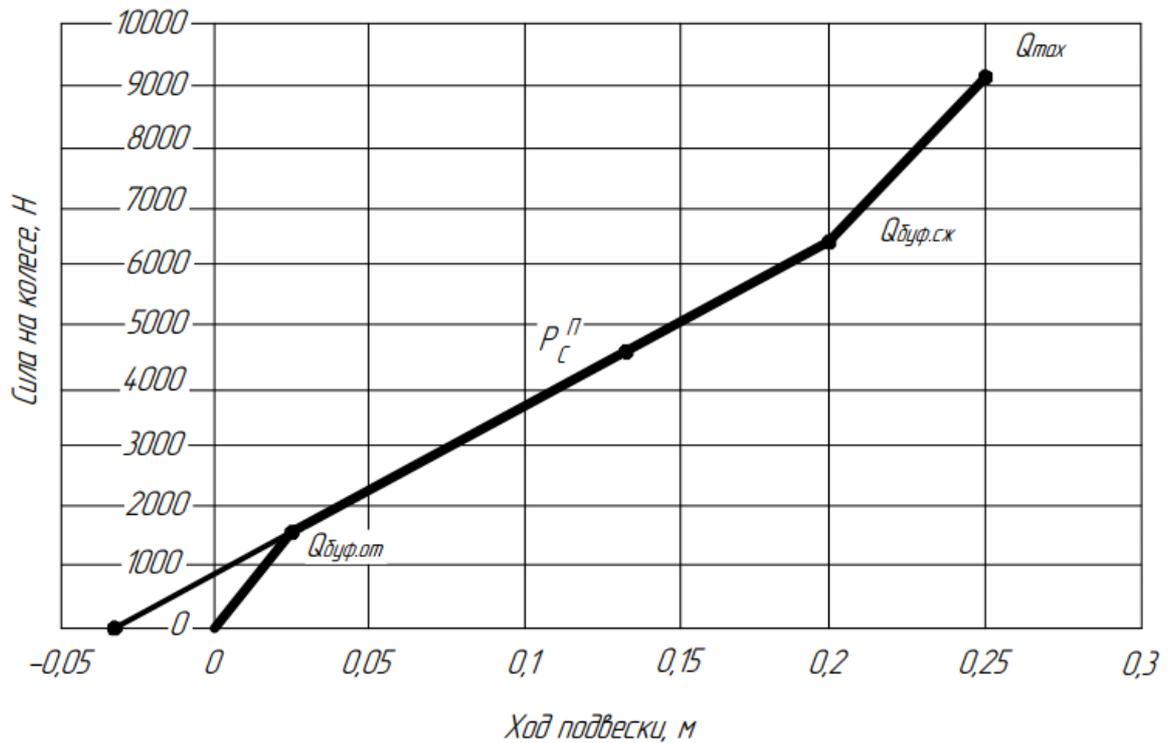


Рисунок 9 – Упругая характеристика передней подвески

3.6 Боковой занос.

При боковом скольжении автомобиля происходит перераспределение реакций опорной поверхности под колесами автомобиля, принимаем, что автомобиль скользит влево. На рисунке 10 отображены действующие силы при боковом заносе.

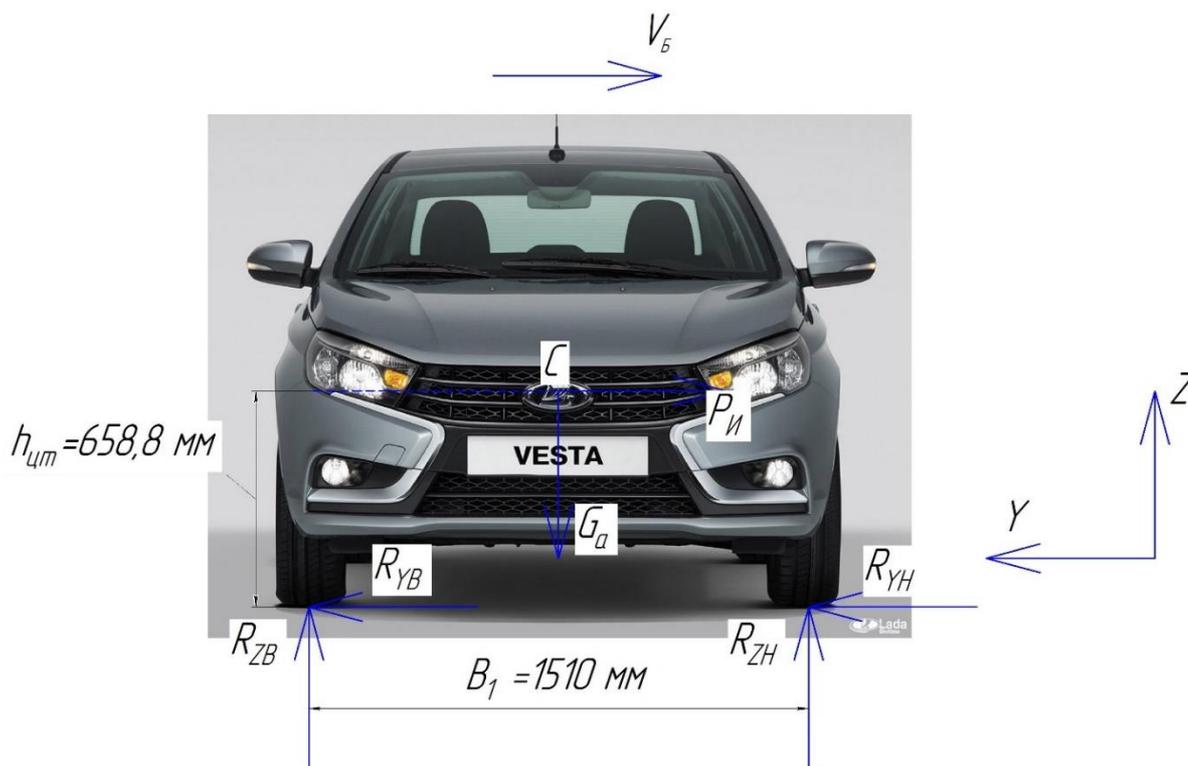


Рисунок 10 – Вид спереди автомобиля LADA Vesta с действующими силами при боковом заносе

Для определения вертикальной и боковой реакции опорной поверхности наиболее нагруженного колеса передней оси составим уравнения моментов относительно центра пятна контакта внутреннего (относительно направления скольжения) переднего колеса автомобиля.

$$R_{ZH} \cdot B - G_{an} \cdot \frac{B}{2} - P_u \cdot h_{цт} = 0, \quad (91)$$

где R_{ZH} - вертикальная реакция опорной поверхности под передним

наружным колесом, Н;

P_u -сила инерции при скольжении в боковом направлении, Н

$$R_{ZH} = \frac{G_{ап} \cdot \frac{B}{2} + P_u \cdot h_{цт}}{B} \quad (92)$$

Определив проекцию сил приложенных к передней оси автомобиля на поперечную ось Y, получим:

$$P_u = R_{YB} + R_{YH} = R_{ZB} \cdot \varphi_6 + R_{ZH} \cdot \varphi_6 = (R_{ZB} + R_{ZH}) \cdot \varphi_6 = G_{ап} \cdot \varphi_6,$$

где, φ_6 -статический коэффициент сцепления колеса с дорогой в боковом направлении;

R_{YB} - боковая реакция опорной поверхности под передним внутренним колесом, Н;

R_{YH} -боковая реакция опорной поверхности под передним наружным колесом, Н;

R_{ZB} -вертикальная реакция опорной поверхности под передним колесом внутри, Н;

R_{ZH} -вертикальная реакция опорной поверхности под передним колесом снаружи, Н;

Тогда

$$R_{ZH} = \frac{G_{ап} \cdot \frac{B}{2} + G_{ап} \cdot \varphi_6 \cdot h_{цт}}{B} = G_{ап} \cdot \frac{B}{2} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot \varphi_6 \cdot h_{цт}}{B^2}\right), \quad (93)$$

где $\left(1 + \frac{2 \cdot \varphi_6 \cdot h_{цт}}{B^2}\right)$ - коэффициент увеличения нагрузки на наружное колесо при боковом скольжении.

$$R_{ZH} = \frac{9335 \cdot \frac{1,524}{2} + 9335 \cdot 0,95 \cdot 0,659}{1,524} = 8502 \text{ Н}$$

Определим нагрузки, действующие на направляющее устройство подвески левого переднего колеса при боковом заносе.

Расчётная схема представлена на рисунке 11.

Обозначения на рисунке 11 и далее по тексту:

- m – расстояние от центра пятна контакта колеса с дорогой

до оси качания нижнего рычага, м;

- m_1 – расстояние от центра нижнего шарового пальца до оси качания нижнего рычага, м;

- m_2 – расстояние между рычагами подвески, м;

- m_3 – расстояние от центра верхнего шарового пальца до оси качания верхнего рычага, м;

- p_1 – расстояние от оси вращения колеса до центра нижнего шарового пальца, м;

- p_2 – расстояние от оси вращения колеса до центра верхнего шарового пальца, м.

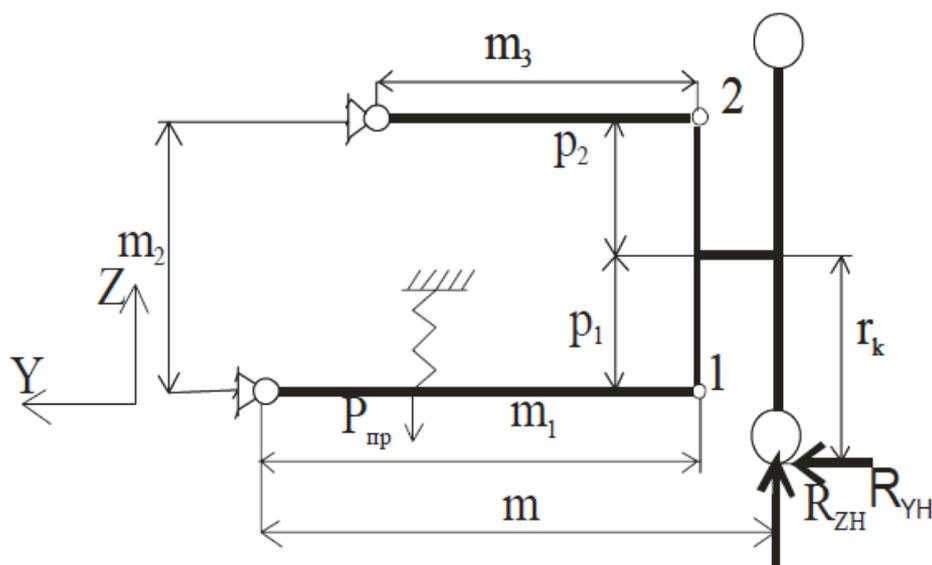


Рисунок 11 – Расчетная схема подвески при боковом заносе

На колесо действуют две реакции опорной поверхности R_{YH} и R_{ZH} . Рассчитаем нагрузки приложенные к шаровым шарнирам 1 и 2 от действия силы R_{ZH} .

Для определения нагрузки передаваемой на направляющее устройство подвески от силы R_{ZH} . перенесем точку приложения силы R_{ZH} из центра пятна контакта колеса с дорогой к шаровому шарниру 1, добавив при этом момент T_z приложенный к колесу от силы R_{ZH} на плече $(m - m_1)$ (рисунок 12)

$$T_z = R_{ZH} \cdot (m - m_1); \quad (94)$$

$$T_z = 8502 \cdot 0,1 = 850,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

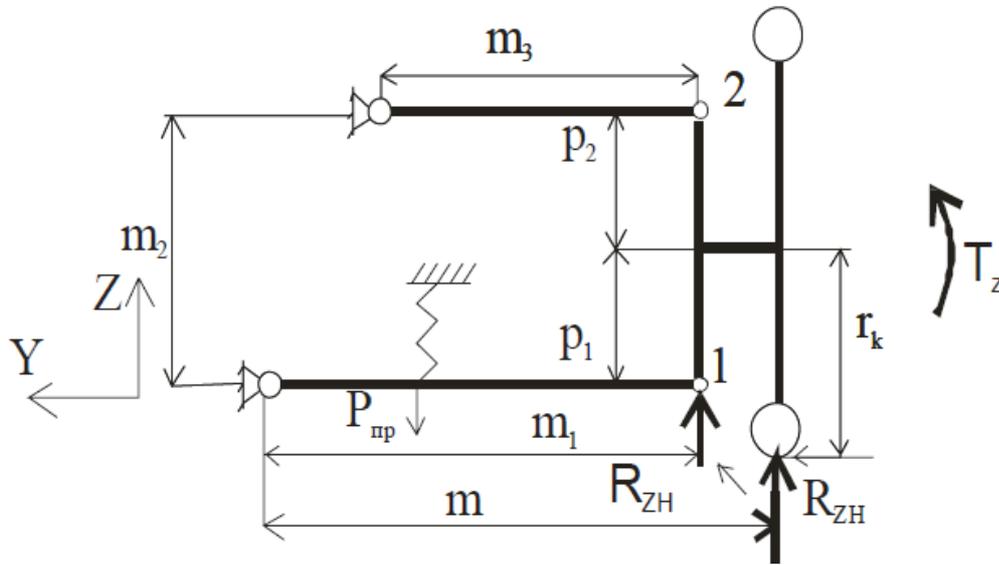


Рисунок 12 – Расчетная схема подвески при боковом заносе

Так как упругий элемент рассматриваемой подвески установлен между несущей системой автомобиля и нижним рычагом подвески, то через шаровый шарнир 2 вертикальная нагрузка не передается, т.е. $F_{2x} = 0$.

Вся вертикальная нагрузка R_{ZH} приложенная к шарниру 1, передается через этот шарнир $F_{1z} = R_{ZH}$.

Очевидно, что от действия силы R_{ZH} , приложенной к шарниру 1, боковые продольные нагрузки в шарнирах 1 и 2 не возникают.

Момент T_z создает в шарнире 1 нагрузку F_{1TZ} растягивающую нижний рычаг, в шарнире 2 – нагрузку F_{2TZ} сжимающую верхний рычаг (рисунок 13).

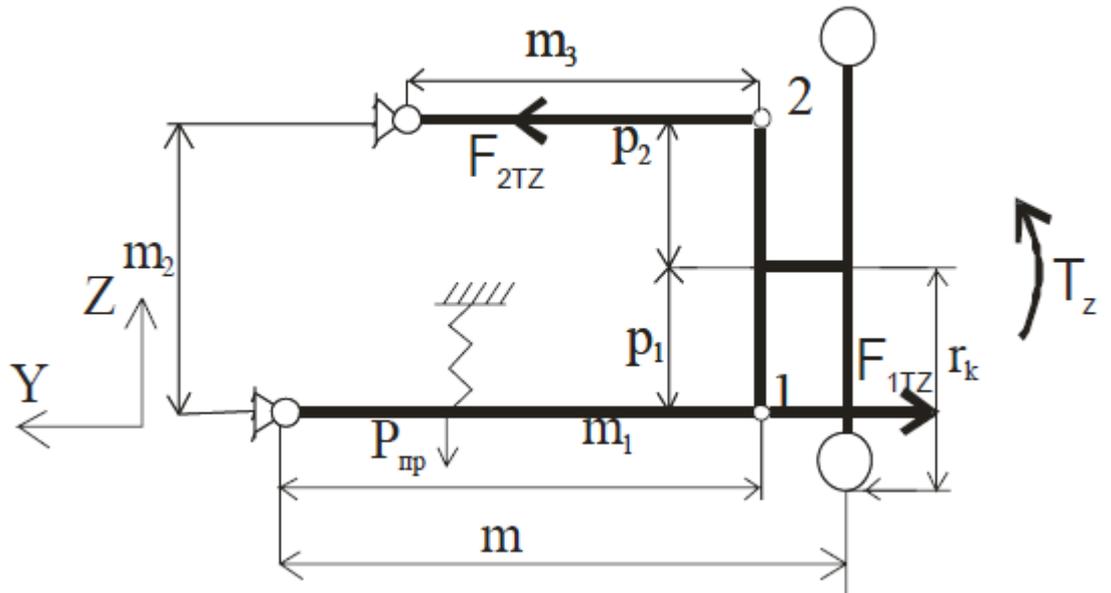


Рисунок 13 – Расчетная схема подвески при боковом заносе

Результаты расчётов с соответствующим знаком, здесь и далее в цифровом виде записываются в таблицу 17.

$$F_{1TZ} = F_{2TZ} = \frac{T_z}{m_2} = \frac{R_{ZH} \cdot (m - m_1)}{m_2}; \quad (95)$$

$$F_{1TZ} = F_{2TZ} = \frac{850,2}{0,38} = 2237,4 \text{ Н}$$

Для определения нагрузки передаваемой на направляющее устройство подвески от силы R_{YH} перенесем точку приложения силы R_{YH} из пятна контакта колеса с дорогой к оси вращения колеса, добавив при этом момент T_Y приложенный к колесу от силы R_{YH} на плече r_k (рисунок 14)

$$T_Y = R_{YH} \cdot r_k; \quad (96)$$

$$T_Y = 8077 \cdot 0,311 = 2512 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

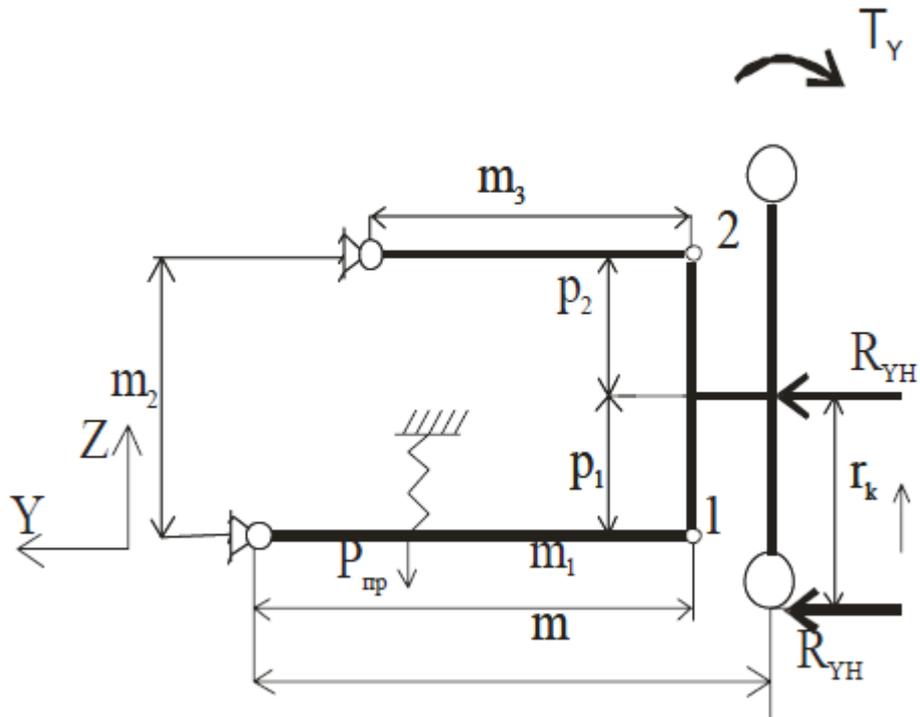


Рисунок 14 – Расчетная схема подвески при боковом заносе

«От действия силы R_{YH} приложенной к оси вращения колеса через шарнир 1 и 2 передаются силы F_{1YH} и F_{2YH} стремящиеся сжать нижний и верхний рычаги подвески (рисунок 15)» [4]

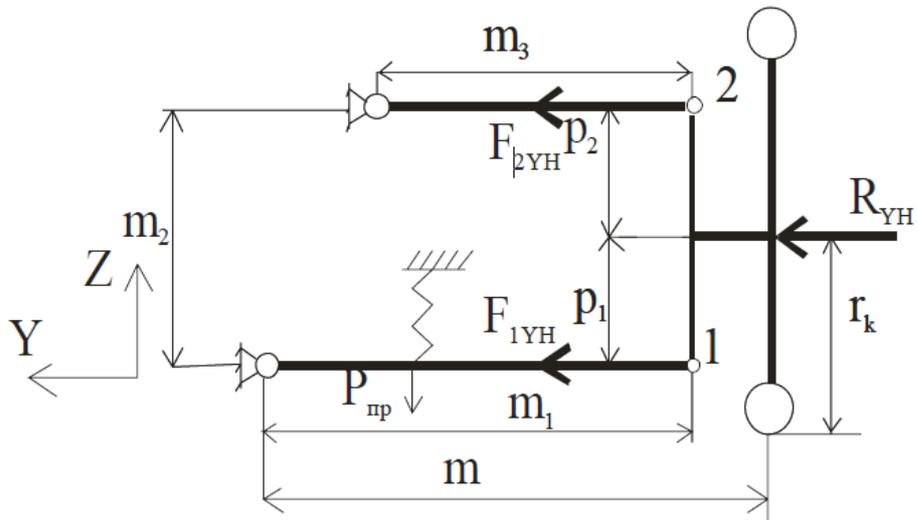


Рисунок 15 – Расчетная схема подвески при боковом заносе

$$F_{1YH} = \frac{R_{YH} \cdot p_2}{m_2}; \quad (97)$$

$$F_{1YH} = \frac{8077 \cdot 0,21}{0,38} = 4464 \text{ Н};$$

$$F_{2YH} = \frac{R_{YH} \cdot p_1}{m_2}; \quad (98)$$

$$F_{2YH} = \frac{8077 \cdot 0,17}{0,38} = 3613 \text{ Н}$$

От действия момента T_Y через шарниры 1 и 2 передаются нагрузки F_{1TY} и F_{2TY} (рисунок 16), которые равны по модулю и противоположны по знаку.

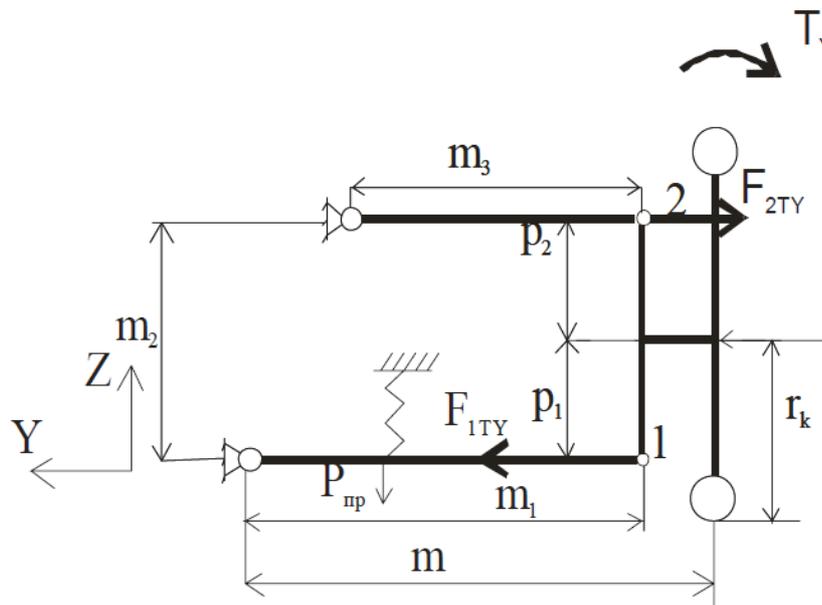


Рисунок 16 – Расчетная схема подвески при боковом заносе

$$F_{1TY} = F_{2TY} = \frac{T_Y}{m_2} = \frac{R_{YH} \cdot r_k}{m_2}; \quad (99)$$

$$F_{1TY} = F_{2TY} = \frac{2512}{0,38} = 6611 \text{ Н}$$

Для расчета пальца шарового шарнира на срез и изгиб определяем равнодействующую сил F_{ix} и F_{iy} :

$$F_{ixy} = \sqrt{F_{ix}^2 + F_{iy}^2} \quad (100)$$

Для расчета шара шарового шарнира на смятие определяем равнодействующую всех сил передаваемых шаровым шарниром:

$$F_i = \sqrt{F_{ix}^2 + F_{iy}^2 + F_{iz}^2} \quad (101)$$

Результаты заносим в последний столбик Σ таблицу 17.

Таблица 17 – Результаты расчёта третьего режима.

Приложенная нагрузка	Режим				
	Боковой занос				
	R_{ZH}	T_Z	R_{YH}	T_Y	Σ
F_{1x}	0	0	0	0	0
F_{1y}	0	-2237	4464	6611	9482
F_{1z}	8502	0	0	0	9123
F_{1xy}	0	0	0	0	9482
F_1	0	0	0	0	13158
F_{2x}	0	0	0	0	0
F_{2y}	0	2237	3613	-6611	-815
F_{2z}	0	0	0	0	0
F_{2xy}	0	0	0	0	815
F_2	0	0	0	0	815

3.7 Расчет переднего стабилизатора поперечной устойчивости

На рисунке 17 показана схема действия сил на передней подвеске кузова легкового автомобиля. Это явление возникает при повороте и действии силы инерции.

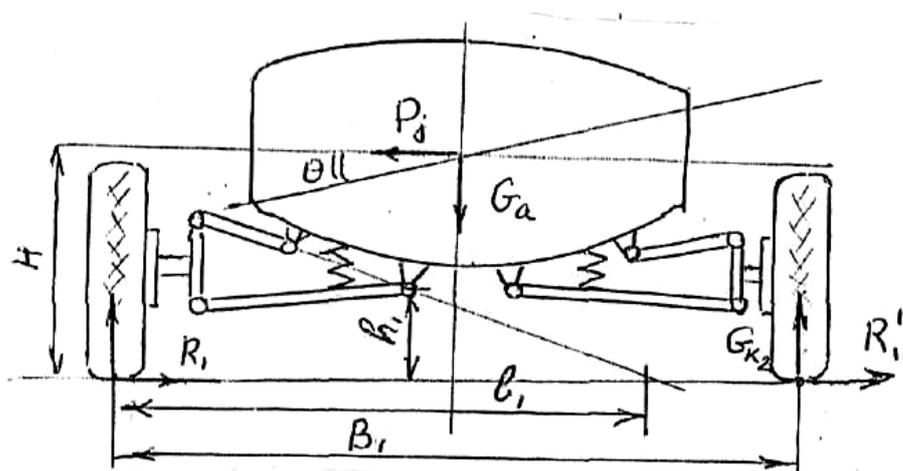


Рисунок 17 – Схема действия сил при повороте автомобиля.

Таблица 18 – Исходные данные для расчета стабилизатора.

Показатель	Обозначение	Значение
Боковая сила, Н	P_y	8077
Вертикальная жесткость передней подвески, кН/м	C_{p1}	36,131
Вертикальная жесткость задней подвески, кН/м	C_{p2}	27,257
Колея передняя, м	B_1	1,524
Колея задняя, м	B_2	1,524
Высота опрокидывания, м	h_c	0,658
Высота крена, м	$h_{кр}$	0,586
Высота центра крена подвески передней, м	h_1	-0,075
Высота центра крена подвески задней, м	h_2	0,288
Конструктивный размер стабилизатора, м	l_1	2
Конструктивный размер стабилизатора, м	l_2	0,755
Жесткость передних шин, кН/м	$C_{ш1}$	329,5
Жесткость задних шин, кН/м	$C_{ш2}$	216,2

Полный угол крена в поперечной плоскости может быть определен по уравнению:

$$\theta = \frac{M_k}{C_{y1} + C_{y2}}, \quad (102)$$

где M_k – момент, вызывающий крен кузова, Н·м;

C_{y1}, C_{y2} – жесткость передней и задней подвесок

$$M_k = P_y \cdot h_{кр} = 8077 \cdot 0,586 = 4733 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$C_{y1} = \frac{C'_{y1} \cdot C_{x1}}{C'_{y1} + C_{x1}}; \quad (103)$$

$$C'_{y1} = \frac{C_{p1} \cdot B_1^2}{2 - \frac{h_1 \cdot B_1}{h_c \cdot l_1}} = \frac{36,131 \cdot 1,524^2}{2 - \frac{-0,075 \cdot 1,524}{0,658 \cdot 2}} = 40,21 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$$

$$C_{x1} = \frac{C_{ш1} \cdot B_1^2}{2} = \frac{329,5 \cdot 1,524^2}{2} = 382,64 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$$

$$C_{y1} = \frac{C'_{y1} \cdot C_{x1}}{C'_{y1} + C_{x1}} = \frac{40,21 \cdot 382,64}{40,21 + 382,64} = 36,38 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$$

$$C_{y2} = \frac{C'_{y2} \cdot C_{x2}}{C'_{y2} + C_{x2}}; \quad (104)$$

$$C'_{y2} = \frac{C_{p2} \cdot B_2^2}{2 - \frac{h_2 \cdot B_2}{h_c \cdot l_2}} = \frac{27,257 \cdot 1,524^2}{2 - \frac{0,288 \cdot 1,524}{0,658 \cdot 0,755}} = 56,70 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$$

$$C_{x2} = \frac{C_{ш2} \cdot B_2^2}{2} = \frac{216,2 \cdot 1,524^2}{2} = 251,07 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$$

$$C_{y2} = \frac{C'_{y2} \cdot C_{x2}}{C'_{y2} + C_{x2}} = \frac{56,70 \cdot 251,07}{56,70 + 251,07} = 46,10 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$$

$$\theta = \frac{M_k}{C_{y1} + C_{y2}} = \frac{4733 \cdot 10^{-3}}{40,21 + 56,70} = 0,049 \text{ рад}$$

Допускаемый угол крена:

$$[\theta] = 0,001 \text{ рад};$$

$$C_{ст1} = \frac{0,4 \cdot G_a \cdot h_c}{[\theta]} - C_{y1} - C_{y2}; \quad (105)$$

$$C_{ст1} = \frac{0,4 \cdot (1700 \cdot 9,8) \cdot 0,658}{0,001} - 40,21 - 56,70 = 4384 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$$

$$C_{стд1} = \frac{C_{ст1}}{\left(\frac{B_1 \cdot n}{2 \cdot m}\right)^2} = \frac{4384}{\left(\frac{1,524 \cdot 0,2}{2 \cdot 0,4}\right)^2} = 30200 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$$

$$\theta = \frac{M_k}{C_{y1} + C_{y2} + C_{стд1}} = \frac{4733 \cdot 10^{-3}}{40,21 + 56,70 + 30200} = 1,56 \cdot 10^{-4} \text{ рад}$$

Размеры штанги стабилизатора:

$$l_c = 1726 \text{ (мм)}; l = 200 \text{ (мм)}; l_l = 210 \text{ (мм)}; l_r = 1400 \text{ (мм)}; l_2 = 163 \text{ (мм)}$$

Определим диаметр штанги стабилизатора:

$$d = 1,5 \cdot \sqrt[4]{C_{стд1} \cdot \left[\frac{l^2 \cdot l_r}{G_M} + \frac{l_k^3}{0,75 \cdot E} + \frac{l_0 \cdot (l_2 + l_3)^2}{1,5 \cdot E} \right]}, \quad (106)$$

где $G_M = 7,4 \cdot 10^4$ МПа - модуль упругости материала прутка;

$E = 2,2 \cdot 10^5$ МПа – модуль упругости.

$$d = 1,5 \cdot \sqrt[4]{30200 \cdot \left[\frac{0,183^2 \cdot 0,79}{7,4 \cdot 10^{10}} + \frac{0,215^3}{0,75 \cdot 2,2 \cdot 10^{11}} + \frac{0,59 \cdot (0,1 + 0,158)^2}{1,5 \cdot 2,2 \cdot 10^{11}} \right]}$$

$$= 0,022 \text{ м}$$

Согласно расчету, диаметр штанги стабилизатора соответствует заводскому параметру. Поэтому в процессе разработки проектируемого узла, затрагивать и изменять этот конструктивный узел нет необходимости.

3.8 Демпфирующая характеристика подвески.

«Демпфирование в подвеске оказывает существенное влияние на колебания автомобиля. Усилие демпфирования зависит от скорости деформации подвески. Обычно для оценки демпфирования используется коэффициент относительного демпфирования колебаний:» [4]

$$\psi_{\Pi} = \frac{K_{\Pi}}{2 \cdot \sqrt{C_{\Pi} \cdot m_{\Pi\Pi}}}; \quad (107)$$

«где K_{Π} – коэффициент сопротивления, приведенный к колесу, учитывающий только гидравлическое сопротивление, кгс/м:» [4]

$$K_{\Pi} = \frac{F_A}{V_{\Pi} \cdot i_x^2}; \quad (108)$$

«где V_{Π} – скорость поршня амортизатора, м/с;

F_A – сила, развиваемая амортизатором, приведенная к точке контакта колеса с дорогой, Н;

i_x – кинематическое передаточное отношение подвески. » [4,26]

$$V_{\Pi} = \frac{\pi \cdot S \cdot n_D^{\Pi}}{60}; \quad (109)$$

«где S – ход поршня амортизатора, мм, $S = 0,060$ м;

n_D – частота колебаний при испытаниях амортизатора, мин⁻¹, обычно понимается $n_D = 100$ мин⁻¹. »[4]

$$V_{\Pi} = 0,314 \text{ м/с}$$

«Сила F_A , входящая в расчет коэффициента сопротивления K_{Π} , получается из усилия отбоя $F_{отб}$, развиваемого амортизатором при ходе отбоя подвески, и возникающего при ходе сжатия усилия сжатия $F_{сж}$. »[4]

$$F_A \approx \frac{F_{отб} + F_{сж}}{2}; \quad (110)$$

«В действительности колебания колес наиболее эффективно гасятся при сопротивлении с отношением отбой / сжатие равным 1. Усилия сжатия в амортизаторе уменьшают ход сжатия подвески, при этом пружина запасает меньшую энергию, что ведет к уменьшению изменения нагрузки на колесо, то есть улучшению контакта колеса с дорогой. Недостатком при этом является ухудшение плавности хода, устойчивости на поворотах и более жесткое качение шин. Поэтому на обеих осях автомобиля применяют амортизаторы с

соотношением усилий отбоя и сжатия $d = 3 \div 5$ спереди и $d = 1,5 \div 4$ сзади.» [4]

«Возьмем соотношение отбой / сжатие: $d = 4$

Тогда:

$$F_{\text{отб}} = 4 \cdot F_{\text{сж}}; \quad (111)$$

$$F_A \approx \frac{4 \cdot F_{\text{сж}} + F_{\text{сж}}}{2} = \frac{5 \cdot F_{\text{сж}}}{2}; \quad (112)$$

Усилие на ходе сжатия амортизатора:» [4]

$$F_{\text{сж}} = 52 \text{ (Н)} \quad F_A = 130 \text{ (Н)}$$
$$i_x = 1 + \sqrt{tg^2(\delta_0 - \alpha) + tg^2(\varepsilon)}; \quad (113)$$

где δ_0 – угол поперечного наклона оси поворота, град, $\delta_0 = 13,2^\circ$;

α – угол между осью амортизатора и осью поворота, град, $\alpha = 7,7^\circ$; ε – угол продольного наклона оси поворота, град, $\varepsilon = 0,77^\circ$.» [4]

$$K_{\text{п}} = 343,9 \text{ (кгс/м)} \quad \Psi_{\text{п}} = 0,25$$

«Желательный для демпфирования диапазон: 0,25...0,3.

Важную роль для обеспечения колебаний колес без отрыва от дороги играет величина относительного демпфирования колебаний колеса. Она находится в пределах 0,1-0,3 и определяется типом подвески. Величина демпфирующего действия подвески зависит от различных факторов, включая величину зазоров в шарнирах подвески, характер движения автомобиля и дорожные условия. Зазоры в шарнирах подвески должны быть не больше 0,2–0,3 мм, а величина демпфирующих колебаний может варьироваться в широких пределах. При движении по дороге с твёрдым покрытием допустимый предел составляет 2 мм, а на скользкой дороге — 1 мм.» [4,26]

$$\psi_K = \frac{K_{\Pi} + K}{2 \cdot \sqrt{(C_{\Pi} + C_K \cdot C_F) \cdot m_K}}; \quad (114)$$

«где C_K – жесткость колеса, кг/см, $C_K = 17,635$ Н/см;

K_K – собственное демпфирование шины, Н/см, $K_K = 30$ Н/см;

K_F – коэффициент увеличения жесткости колеса, зависит от материала корда в брекере,

$$K_F = 1,05. \text{ »}[4] \quad \Psi_K = 0,26$$

Вывод.

Результаты расчётов свидетельствуют о соответствии оценочных критериев работоспособности проектируемого узла установленным требованиям и стандартам.

4 Технологическая часть

4.1 Анализ технологичности конструкции изделия

Изменения в конструкции подвески влияют на технологический процесс и количество деталей, что говорит о различиях между подвесками.

В Lada Vesta SW конструкция подвески автомобиля усложнена за счет внедрения передовых технологий сборки, в результате чего сроки сборки подвески автомобиля увеличиваются, чем у стандартной версии подвески.

4.2 Технологическая схема сборки, ее разработка

«Технологический процесс сборки последовательность операций, направленных на установку соединений между различными компонентами изделия в соответствии с (ГОСТ 23887-79).

Операция сборки представляет собой технологический этап, во время которого происходит установка и соединение частей заготовки или изделия.

Технологический переход является завершенной частью операции сборки, выполняемой с использованием специального оборудования при строго определенных технологических режимах.

В процессе технологической сборки отмечаются следующие типы работ:

- предварительные операции (антикоррозийная обработка, очистка, сортировка и другие);
- монтажно-слесарные работы;
- сборочные операции (соединение деталей в сборочные единицы и изделия при помощи винтов, прессования, клепки, сварки, пайки и прочего);
- настройка;
- контрольные работы;

– демонтажные операции (частичное разборка изделия для подготовки к упаковке и транспортировке).» [5]

«Схема сборки изделия представляет собой графическое изображение последовательности сборки изделия или его компонентов.

По объему сборочных работ процессы подразделяют:

– на общую сборку, объектом которой является изделие в целом;
– узловую сборку, объектом которой является составная часть изделия – сборочная единица или узел.

Сборочная единица (СЕ) – это изделие, составные части которого подлежат соединению между собой. Составными частями могут быть детали или отдельные узлы.

Характерная особенность СЕ – возможность ее сборки обособленно от других элементов изделия.

Деталь представляет собой первичный элемент изделия, характерным признаком которого является отсутствие в нем разъемных и неразъемных соединений.

Узел – составной элемент изделия, состоящий из двух и более деталей, соединенных в одно целое. Характерные признаки узла – сохранность соединения при любой ориентации узла в пространстве и возможность его сборки независимо от других элементов изделия.

По стадиям процесса сборки может быть:

– предварительная – сборка составных частей или изделия в целом, которые в дальнейшем подлежат разборке. Например, предварительная сборка узла с целью определения величины неподвижного компенсатора;
– промежуточная, целью которой является сборка составных частей для дальнейшей их совместной обработки;» [5]

4.3 Составление перечня сборочных работ

«Перечень выполняется в виде таблицы, содержащей наименования сборочных работ в последовательности, диктуемой технологической схемой общей и узловой сборки, и данные по нормированию всех необходимых видов работ. Эти работы весьма разнообразны и их можно определять только при учете и анализе конкретных условий сборки: полнота и точность механической обработки деталей, поданных на сборку; принятые методы достижения точности замыкающих звеньев; принятые технологические способы выполнения соединений и др. По целевому назначению работы можно разделить на:

- механическая обработка, выполняемая в сборочном цехе;
- распаковка, расконсервирование;
- изготовление отдельных простых деталей;
- выполнение соединений деталей и узлов;
- работы, обусловленные методами пригонки и регулировки;» [5]

Таблица 19 – перечень сборочных работ

№ опер	Содержание основных и вспомогательных работ	Время t_{on} , мин.
1	2	3
1. Узловая сборка передней стойки автомобиля.		
1.	Переднюю стойку(правую левую) достать, осмотреть, зафиксировать в специальном приспособлении.	0,5
2.	Шток амортизатора, аккуратным движением вытянуть до отказа	0,20
3.	Закрепить на нижнюю опорную чашу основную пружину	0,23
4.	Закрепить промежуточную чашу опорную на верхние витки основной пружины.	0,25
5.	Протянуть на шток стойки буфер хода сжатия, следить чтобы шток оставался в вытянутом состоянии.	0,16
6.	Зафиксировать на буфер хода сжатия, ограничитель, путем протягивания его через шток.	0,16
7.	Приспособлением сжать верхнюю дополнительную пружину, нижними витками зафиксировать ее на чаше опорной.	0,45
8.	Закрепить чашу опорную верхнюю на штоке, соблюдая положения верхних витков пружины. Надеть на шток опору стойки в сборе.	0,16
9.	Гайкой M12*1.5 зафиксировать опору стойки гайковертом и специальным ключом, который блокирует шток стойки от проворота	0,16
10.	Затянуть гайку динамометрическим ключом, соблюдая регламентированный момент	0.30
11.	Надеть и зафиксировать защитный колпак опоры стойки до характерного щелчка.	0.13
12.	Приспособлением отжать верхнюю дополнительную пружину стойки телескопической, вынуть стойки из приспособления. Провести контроль.	0.5
ИТОГО:		3,56
2. Сборка передней стойки с поворотным кулаком в сборе с тормозом		
1.	Достать переднюю стойку в сборе (правую левую) , осмотреть, зафиксировать на стенде в подставке для фиксации.	0,55
2.	Расположить на стенде поворотный кулак в сборе с тормозным диском и установленной ступицей, совмещая отверстия под болты с креплением на передней стойки.	0.5

Продолжение таблицы 19

1	2	3
3.	Развальный болт и шайбу вставить в верхнее отверстие, в нижние отверстия вставить: болт М12 - 1.25 и закрепить, не затягивая гайкой М12 - 1.25.	0.49
4.	Приложить индикаторы к наружной стороне переднего тормозного диска, вращением развального болта крепления отрегулировать угол развала.	0.30
5.	Закрепить гайку крепления окончательно, гайковертом.	0.25
6.	Произвести дозатяжку гаек динамометрическим ключом до регламентированного момента 77.4...96.2 Н*м	0.32
7.	Отвести индикаторы в исходное положение от плоскости диска.	0.16
8	Отвести упор от пальца шаровой опоры, освободя стойку со стендом.	0.25
9.	Провод износа тормозных колодок провести через кольца, расположенные на тормозном шланге. Закрепить на проводе ответную колодку. На датчик износа тормозных колодок, закрепить контактную колодку. Соединить между собой колодки.	0.66
10.	Зафиксировать уплотнитель шланга тормоза в гнездо на стойке	0.16
11.	Выполнить контроль над качеством выполненных работ.	0,52
12.	Снять с приспособления на стенде собранные стойки, расположить их на передвижной опоре.	0.5
ИТОГО:		4,41
Всего $\sum t_{on}$		7,97

4.4 Определение трудоемкости сборки задней подвески

«Общее оперативное время на все виды работ по сборке задней независимой подвески определяем как сумму отдельных оперативных времен:»[5]

$$t_{\text{общ}} = \sum t_{\text{оп}} = 3,56 + 4,41 = 7,97$$

«Суммарная трудоемкость сборки задней независимой подвески:» [5]

$$t_{шт}^{общ} = t_{оп}^{общ} + t_{оп}^{общ} \cdot (\alpha + \beta)/100 = 7,97 + 7,97 \cdot (2 + 4)/100 = 8,45$$

«где α – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах. Принимаем $\alpha = 2\%$; β – часть оперативного времени на перерывы для отдыха в процентах. Принимаем $\beta = 4\%$.»[5]

«Тип производства при сборке определяем по таблице в зависимости от годового выпуска автомобилей и ориентировочной определенной суммарной трудоемкости сборки подвески, что выявило отнесение его к массовому производству. Значительный объём выпускаемой продукции позволяет закреплять операции за определённым оборудованием, располагать его в технологической последовательности и широко использовать специализированные инструменты.

Определяем такт выпуска автомобилей:»[5]

$$T_{в} = \frac{F_{д} \cdot 60m}{N} = \frac{4015 \cdot 60}{150000} = 1.61 \text{ мин}$$

«где $F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену; m – количество рабочих смен в сутки; N – годовой объём выпуска автомобилей.» [5]

«Для выполнения работ продолжительностью, которые превышают интервал, используется специализированное оборудование. При перемещении между пунктами (рабочими зонами) осуществляется непрерывная передача, что гарантирует согласованное выполнение всех операций на производственной линии.» [5,24]

Технологическая карта представлена в таблицу 20

Таблица 20 – Технологическая карта

№ опер	Название операции	№ и наименование технологических переходов	Используемое оборудование
1	2	3	4
	Узловая сборка передней стойки автомобиля. Сборка передней стойки с поворотным кулаком и тормозным диском	<p>1 Переднюю стойку (правую левую) достать, осмотреть, зафиксировать в специальном приспособлении.</p> <p>2 Шток амортизатора, аккуратным движением вытянуть до отказа</p> <p>3 Закрепить на нижнюю опорную чашу основную пружину</p> <p>4 Закрепить промежуточную чашу опорную на верхние витки основной пружины.</p> <p>5 Протянуть на шток стойки буфер хода сжатия, следить чтобы шток оставался в вытянутом состоянии.</p> <p>6 Зафиксировать на буфер хода сжатия, ограничитель, путем протягивания его через шток.</p> <p>7 Приспособлением сжать верхнюю дополнительную пружину, нижними витками зафиксировать ее на чаше опорной.</p> <p>8 Закрепить чашу опорную верхнюю на штоке, соблюдая положения верхних витков пружины. Надеть на шток опору стойки в сборе.</p> <p>9 Гайкой М12*1.5 зафиксировать опору стойки гайковертом и специальным ключом, который блокирует шток стойки от проворота</p> <p>10 Затянуть гайку динамометрическим ключом, соблюдая регламентированный момент</p>	<p>Сборочный стенд передних стоек телескопических;</p> <p>Опора-вертушка;</p> <p>Ключ динамометрический;</p> <p>Спец ключ для сборки стойки телескопической;</p> <p>Гайковерт пневматический модель;</p> <p>Головка 18 мм ;</p> <p>Ключ накидной 18мм</p> <p>Ключ специальный;</p> <p>Индикаторы;</p> <p>Молоток 0.5 кг.</p>

Продолжение таблицы 20

№ опер	Название операции	№ и наименование технологических переходов	Используемое оборудование
1	2	3	4
		<p>11 Надеть и зафиксировать защитный колпак опоры стойки до характерного щелчка.</p> <p>12 Приспособлением отжать верхнюю дополнительную пружину стойки телескопической, вынуть стойки из приспособления. Провести контроль.</p> <p>13 Достать переднюю стойку в сборе (правую левую), осмотреть, зафиксировать на стенде в подставке для фиксации.</p> <p>14 Расположить на стенде поворотный кулак в сборе с тормозным диском и установленной ступицей, совмещая отверстия под болты с креплением на передней стойки.</p> <p>15 Развальный болт и шайбу вставить в верхнее отверстие, в нижние отверстия вставить: болт М12 - 1.25 и закрепить, не затягивая гайкой М12 - 1.25.</p> <p>16 Зафиксировать шаровую опору со стендом, подведя стенд к шаровому пальцу.</p> <p>17 Приложить индикаторы к наружной стороне переднего тормозного диска, вращением развального болта крепления отрегулировать угол развала.</p> <p>18 Закрепить гайку крепления окончательно, гайковертом.</p> <p>19 Произвести дозатяжку гаек динамометрическим ключом до регламентированного момента 77.4...96.2 Н*м</p> <p>20 Отвести индикаторы в исходное положение от плоскости диска.</p> <p>21 Отвести упор от пальца шаровой опоры, освобождая стойку со стендом.</p> <p>22 Провод износа тормозных колодок провести через кольца, расположенные на тормозном шланге. Закрепить на проводе ответную колодку. На датчик износа тормозных колодок, закрепить контактную колодку. Соединить между собой колодки.</p> <p>23 Зафиксировать уплотнитель шланга тормоза в гнездо на стойке</p> <p>24 Выполнить контроль над качеством выполненных работ.</p> <p>25 Снять с приспособления на стенде собранные стойки, расположить их на передвижной опоре.</p>	

5. Безопасность и экологичность объекта

«У автотранспортных предприятий есть одна особенность - они выполняют множество операций в процессе производства. Однако эти операции также имеют экологическую сторону, которая включает опасные и вредные вещества, воздействующие на работников, а также выбросы из канализации, ливневых стоков, вентиляционных систем, автобусных остановок, транспортных средств и горячих цехов.

Технические решения играют важную роль в обеспечении безопасности на рабочем месте и снижении экологического влияния автомобильного транспорта. В ходе работы сотрудники взаимодействуют с различными объектами, инструментами и людьми. Кроме того, их состояние зависит от всех аспектов производственной среды, таких как температура, влажность, циркуляция воздуха, уровень шума, вибрация и наличие опасных веществ.» [7]

Рабочие условия существенно влияют на трудовую деятельность. Здоровье, способности и отношение к работе определяют комфорт и результативность. Неблагоприятные условия быстро снижают производительность и могут привести к профессиональным травмам и заболеваниям.

5.1 Рабочее место, оборудование и выполняемые операции

«Сборку модернизированной передней подвески предполагается разместить на территории ОАО АвтоВАЗ г. Тольятти. Сборочный участок, план которого представлен на рисунке, являет собой поточную линию с подвесным конвейером и сборочными стендами.

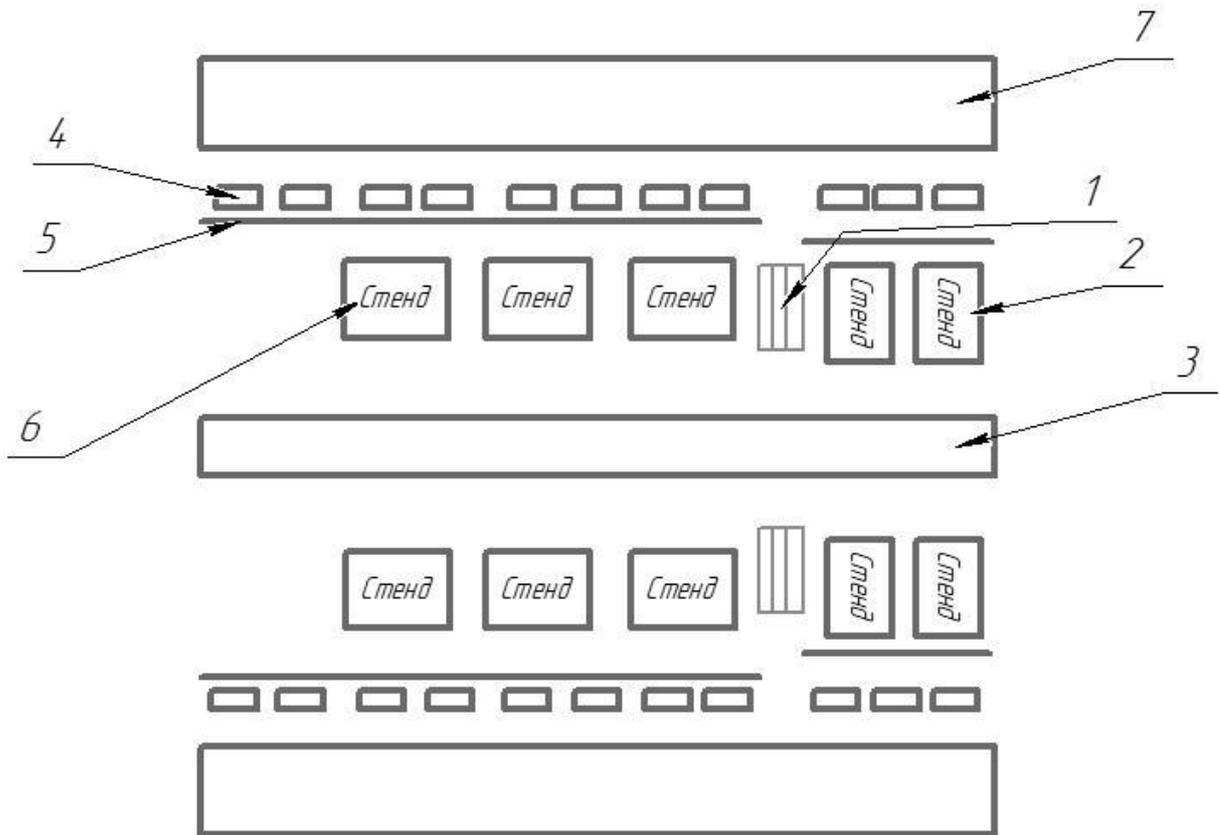
Элементы конструкции подвески в виде подсобранных ранее узлов доставляются к месту сборки по подвесному конвейеру, прочие детали и крепежные изделия подвозятся к участку сборки в контейнерах тележками с электро – двигателями.

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

Спецификация оборудования, инструментов для производственного участка представлено в таблице 21.» [7,25]

Таблица 21 – Список оборудования.

№ позиции на эскизе рабочего места	Наименование оборудования, инструмента	Работы, операции, выполняемые на этом оборудовании или этим инструментом
1	2	3
1	Сборочный стенд передних стоек телескопических; Гайковерт предельный. Ключ с трещеточным механизмом с головками. Отвертки. Ключи рожковые. Молоток слесарный стальной.	1. Сборка передней стойки телескопической автомобиля.
2	Верстак.	1. Установка через специальные приспособления сайлентблоков в отведенные посадочные места. 2. Отцентровка сайлентблоков.
3	Стенд сборочный для основной сборки передней подвески. Гайковерт предельный. Ключ с трещеточным механизмом с головками. Отвертки. Ключи рожковые. Молоток слесарный стальной.	1. Основная сборка передней подвески по технологическому процессу сборки.



«1 – верстак; 2 – стенд сборочный узловой сборки ступиц передних колес; 3 – конвейер подвесной; 4 – контейнеры с запчастями; 5 – ограждающий брус; 6 – стенд сборочный основной сборки передней подвески; 7 – путь доставки контейнеров с запчастями.

Рисунок 17 – План участка сборки

Далее в разделе будут описаны механизмы воздействия опасных и вредных производственных факторов на рабочих.» [7]

5.2 Воздействие опасных и вредных производственных факторов на работающих.

«Любые движущиеся механизмы, подвижные части оборудования и передвигающиеся изделия без необходимых мер предосторожности могут

вызвать серьезные травмы человека - переломы, ушибы, сотрясения и другие повреждения различных органов и конечностей.

Повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны.

Пыль оказывает вредное воздействие на органы дыхания, кожу, зрение и пищеварительную систему. На начальном этапе пылевое поражение верхних дыхательных путей сопровождается раздражением, а при длительном воздействии появляется кашель и отхаркивание грязной мокроты. Пыль, проникающая в дыхательные пути, вызывает развитие в них патологического процесса, который называется пневмокониозом.» [7]

«Повышенная температура поверхности оборудования приводит к ожогам поверхности тела человека.

Повышенный уровень шума, вибраций.

В первую очередь шум воздействует на сердечно-сосудистую систему человека. Второй по степени воздействия – слуховой орган. При давлении, равном $2 \cdot 10^2$ Па и интенсивности $J = 10$ Вт/м², частоте 1000 Гц у человека возникают болевые ощущения – болевой порог. Человек воспринимает звуковые колебания от 20 до 20000 Гц. Наименьшее звуковое давление $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па и интенсивность $J_0 = 10^{-12}$ Вт/м² при частоте 1000 Гц. Третий по степени воздействия – гипофиз человека. Запрещается даже кратковременное пребывание в местах со звуковым давлением более 135 дБ в любой октановой полосе.» [7]

«Повышенное значение напряжения в электросети. Повышенный уровень статического электричества.

Электрический ток проходя через организм человека может оказывать на него 3 вида воздействий:

1. Термическое — подразумевает появление ожогов, а также перегревание кровеносных сосудов;
2. Электролитическое — проявляется в расщеплении крови, вызывает существенные изменения физико-химического состава;

3. Биологическое — нарушение нормальной работы мышечной системы, вызывает судорожные сокращения мышц.

Электрический удар сопровождается возбуждением живых тканей организма током, который через него проходит.

В зависимости от того, какие последствия возникают после электрического удара, их разделяют на 4 степени воздействия:

I - судорожные сокращения мышц, человек в сознании;

II - судорожные сокращения мышц, человек без сознания, дыхание и работа сердца присутствуют;

III – отсутствие дыхания с нарушением работы сердца;

IV – клиническая смерть, отсутствие дыхания, остановка сердца.

Влажность:

Повышенная влажность (70%) в сочетании с пониженными температурами оказывает охлаждающее действие, в сочетании с высокими температурами – перегревающее действие.

Отсутствие или недостаток естественного освещения или освещения рабочей зоны, повышенная пульсация светового потока.

Недостаток или отсутствие естественного света и освещения рабочей зоны, повышение пульсации потока света.» [7]

Свет, который исходит от природы, обладает большой биологической и медицинской ценностью и оказывает существенное воздействие на психологию человека, а также на количество несчастных случаев на производстве и эффективность труда. «Использование естественного света летом значительно снижает количество несчастных случаев по сравнению с осенью и зимой. Чтобы не отражать солнечный свет напрямую и избежать отражений от блестящих поверхностей, световые промежутки следует замазать тонкой краской или заменить обычное стекло на матовое. Следует избегать использования только окружающего освещения, поскольку высокий контраст между яркими и тусклыми областями ухудшает зрение оператора, снижает производительность и иногда приводит к несчастным случаям.

Погруженные световые потоки оказывают негативное воздействие на глаза, вызывая боль, раздражение и повреждение зрения.» [7]

Химикаты и промышленная пыль.

«Токсичные вещества попадают в организм через дыхательную систему, кишечник и кожу. Токсичные вещества попадают в легкие с воздухом на рабочем месте. Затем они попадают в кровь и разносятся по организму и тканям, вызывая отравление всего организма и органов. Токсины попадают в пищеварительную систему при приеме пероральных препаратов. Затем токсины поступают в печень, часть из них нейтрализуется, но большая часть распределяется по всему организму. Через кожу проникают жирорастворимые вещества, такие как бензол и тетраэтилолово. Некоторые токсины откладываются в желудке, мышцах, селезенке и костях, вызывая заболевания.» [7]

В рабочей зоне воздух может содержать следующие вещества:

- Бензин - концентрация до 100 мг/м³.
- Оксид углерода - концентрация до 300 мг/м³.
- Асбест - концентрация до 25 мг/м³.
- Талуол - концентрация до 55 мг/м³.
- Марганец - концентрация до 45 мг/м³.

Параметры микроклимата.

Параметры микроклимата, такие как температура, влажность, скорость движения и давление воздуха, относятся к метеорологическим условиям в производственных помещениях. Микроклимат зависит от технологического процесса и погодных условий.

Температура воздуха определяется количеством тепловыделения, которое происходит от кузнечных горнов, термических и закалочных ванн, нагретых металлов и других источников на производстве.

«Согласно санитарным нормам, производственные помещения, в которых имеются избытки тепловыделений, которые влияют на изменение температуры воздуха, условно подразделяются на холодные (с

незначительными избытками теплоты, не более 25 Дж/м³с) и горячие (более 25 Дж/м³с).

Влажность воздуха характеризуется содержанием водяных паров. Повышенная влажность воздуха наблюдается в отделениях, где используются моечные и другие ванны с подогревом жидкости. В производственных помещениях различные отделения имеют разную влажность воздуха: 5-15% в сушильных камерах, 60-85% в разборочно-моечном и шиномонтажном отделениях, 90-95% в гальваническом и моечном отделениях, а в холодный период года относительная влажность иногда достигает 100% (образование тумана). В горячих цехах возможна низкая влажность воздуха - 20-35%.» [7]

5.3 Мероприятия по обеспечению безопасных условий труда

«Требования к вентиляции. Для обеспечения чистоты воздуха и оптимальных условий в производственных помещениях, помимо местных отсасывающих устройств, необходимо установить приточно-вытяжную систему вентиляции, которая будет обеспечивать удаление вредных веществ из зоны резания, таких как пыль, стружка и аэрозоли смазывающе-охлаждающих жидкостей (СОЖ).» [7]

«Требования к освещению. Согласно СН и П23-05-95, к 8-му разряду зрительных работ должно относиться естественное и искусственное освещение производственных помещений, определенное Национальным законом о науке и технике и Р23-5-95. Местное освещение можно обеспечить с помощью ламп с непрозрачными отражателями и защитным углом не менее 30°. Кроме того, необходимо приложить минимальные усилия для уменьшения отраженного света с помощью различных других методов.» [7]

Требования к техническим процессам.

«Мероприятия по защите человека от опасных и вредных производственных факторов могут быть следующими:

– для предупреждения травматизма работающего персонала все движущиеся и вращающиеся части станка, механизмов и инструмента ограждаются,

– для предупреждения травм глаз применяются смотровые защитные экраны, изготовленные из прозрачного материала,

– для предупреждения поражения отлетающими частями применяются зажимные приспособления,

– все станки имеют заземление,» [7]

– «шум и вибрация поддерживаются в пределах нормы с помощью применения в местах источников шума станка прокладочных материалов.

– кроме технических мероприятий в цехе предусматриваются обеспечение персонала спецодеждой, спецобувью и другими индивидуальными средствами защиты (очки, рукавицы и т. д.)» [7]

«Функционирование вентиляции и отопления имеет важное значение для соблюдения санитарных норм воздушной среды рабочих помещений.

Комплексная система вентиляции включает в себя принудительную и естественную.» [7]

«Естественная вентиляция - это процесс обеспечения поступления свежего воздуха и удаления отработанного воздуха в помещение через специальные окна или вентиляционные отверстия, расположенные в крыше цеха. Она основана на естественных физических процессах, таких как перенос тепла и конвекция, которые способствуют циркуляции воздуха.

Однако в некоторых случаях естественная вентиляция может быть недостаточной для обеспечения достаточного количества свежего воздуха в помещении. В таких случаях используется принудительная вентиляция, которая осуществляется с помощью специальных вентиляционных систем, таких как вытяжные и приточные установки, а также системы кондиционирования воздуха.» [7]

Вытяжные установки отводят отработанный воздух из помещения, создавая негативное давление и притягивая свежий воздух в помещение через приточные устройства. Таким образом, обеспечивается постоянная циркуляция воздуха и удаление загрязнений и запахов.

«Средства индивидуальной защиты работающих. Рабочие и служащие цехов обработки резанием для защиты от воздействия опасных и вредных факторов производства должны быть обеспечены спецодеждой, специальной обувью.» [7]

«Для защиты кожи от воздействия СОЖ применяются защитные средства (профилактические пасты, мази, кремы).

Специальная одежда для защиты от механических повреждений устанавливается ГОСТ 12.4.038 – 78.

Средства защиты рук от СОЖ – ГОСТ 12.4.068 – 79.

Средства защиты глаз – ГОСТ 12.4.003 – 80.

Обеспечение пожаро-взрыво-безопасности. Обще обменная приточно-вытяжная вентиляция интегрирована в интерьер помещений термических цехов, что обеспечивает безопасную и эффективную работу. Воздух подается в верхнюю часть помещения или со скоростью, достаточной для того, чтобы атмосфера в рабочей зоне оставалась статичной с максимальной подвижностью 0,2 м/с. Выброс взрывоопасных и токсичных веществ можно предотвратить применением местного отсасывания, что возможно также за счет применения оборудования с системой местного отсасывания.» [7]

«Требования безопасности, предъявляемые к оборудованию.

Безопасность оборудования обеспечивается выбором только соответствующих и наиболее безопасных технологий. При проектировании станков важно учитывать безопасность станины, снижение шума и вибрации, возникающих в процессе работы, защиту шлифовальных кругов в соответствии с местными вытяжными системами. Для систем, представляющих повышенную опасность, такие системы должны эксплуатироваться под дополнительным контролем состояния.» [7]

«В процессе эксплуатации также важно проверять работоспособность измерительного и контрольного оборудования и автоматизированных систем управления. Если автоматика выходит из строя, к работе должен быть привлечен обслуживающий персонал. Поэтому рабочее место оператора должно быть спроектировано с учетом физиологических особенностей и психологической устойчивости, также необходимо учитывать антропометрические данные.» [7]

Требования безопасности на рабочем месте:

- Проверьте исправность монтажных систем, пневматических и электрических инструментов, отрегулируйте освещение рабочей зоны.
- Используйте двухкнопочные переключатели на механизме сборочно-формовочной машины. Избегайте контакта с заготовкой при движении планки.
- Надевайте защитные экраны и очки при работе с ударными инструментами.

«Запрещается:

- работать на сборочно-формовочном станке без щита или при его неисправности;
- загружать детали во время работы оборудования, особенно если есть вращающиеся детали;
- допускать посторонних лиц в рабочую зону;
- начинать работу при неисправности сигнального устройства;
- начинать работу без проверки закрепления обрабатываемого элемента или его неправильного положения;
- выполнять операции, не предусмотренные техническим заданием;

Всегда отключайте оборудование от сети:

- при уходе с рабочего места даже на короткое время;
- при временном прекращении работы;
- при отключении питания;

- во время технического обслуживания, чистки, смазки или промывки;
- при обнаружении неисправностей, требующих ремонта;

Прочно устанавливайте извлекаемые детали в подготовленное положение и не перемещайте их.

Не касайтесь вращающейся дрели без перчаток и удаляйте мусор с детали только после полной остановки ротора с помощью щётки или крючка.» [7]

«Требования безопасности по окончании рабочего процесса:

- Необходимо тщательно проверить технику и убедиться, что все выключатели выключены,
- Ручные инструменты должны быть возвращены в исходное положение,
- Обеспечить свободный доступ к смазочным и охлаждающим материалам;
- Содержите свою униформу в чистоте;
- Мойте руки.» [7]

«Пожарная безопасность на рабочем месте.

В соответствии с ГОСТ 12.4. 009-83 "Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание", помещение, в котором производится сборка, относится к классу Д. В таких помещениях необходимо использовать огнетушители, пожарное оборудование и пожарный ручной инструмент. Для указания местонахождения пожарной техники и огнетушащих средств необходимо использовать указательные знаки. Знаки следует устанавливать на видных местах на высоте 2-2,5 м.

Для тушения начальных очагов пожара персонал помещения должен быть оснащен первичными средствами пожаротушения, пожарным ручным инструментом и пожарным инвентарем в соответствии с действующими

нормами. Для тушения электроустановок под напряжением до 10 кВ необходимо использовать углекислотные (ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8) или углекислотно-бромэтиловые огнетушители (ОУБ-3, ОУБ-7), так как их струя не проводит электрический ток.

Для безопасной эвакуации обслуживающего персонала из помещения, расстояние от наиболее удаленного рабочего места до эвакуационного выхода должно составлять 50 м для одноэтажных зданий и 40 м для двух- и более этажных зданий.» [7]

Электробезопасность во время производства.

«Предотвращение поражения электрическим током включают основные технические меры, а именно:

- Защитное заземление - это соединение нетоковедущих металлических частей с землей или ее эквивалентом, чтобы предотвратить возникновение опасного напряжения на этих частях.

- Защитное зануление - это электрическое соединение металлических нетоковедущих частей с защитным нулевым проводником.

- Защитное отключение - это быстродействующая защита, которая автоматически отключает электроустановку при возникновении опасности.

- Применение малого напряжения - это использование номинального напряжения, не превышающего 42 В, чтобы уменьшить риск поражения электрическим током.

- Электрическое разделение сети - это разделение электрической сети на отдельные участки, которые не связаны электрически друг с другом, с помощью разделяющих трансформаторов.

- Двойная изоляция - это использование двух слоев изоляции (рабочей и дополнительной), чтобы предотвратить проникновение тока в металлические части оборудования.» [7]

- Оградительные устройства - это физические преграды, устанавливаемые вокруг электроустановок для предотвращения доступа неавторизованных лиц к опасным зонам.

- Предупредительная сигнализация - это система звукового или светового оповещения, которая предупреждает персонал об опасности или неисправности в электроустановке.

- Блокировка - это механизм, который предотвращает случайное включение или вмешательство в работу электрооборудования путем блокировки доступа к его элементам управления.

Защита работников в случае чрезвычайной ситуации.

«В случае пожара или стихийного бедствия рабочие должны иметь возможность быстро эвакуироваться: согласно СНиП-280, должно быть не менее двух эвакуационно-аварийных выходов.

Производство категории, которые А, В и Е не больше 5 человек могут работать на площади, не превышающей 110 м²;

Производство категории, С не более 25 человек могут работать на площади, не превышающей 300 м².

Производства категории D на площади не превышающей 500 м² должно работать не менее 50 человек.

Выход из подвального помещения должен осуществляться через определённую комнату на первом этаже. Лестница должна быть в ширину не менее 70 см и минимальный угол наклона 1;1.» [7,23]

Вывод:

В данном разделе были раскрыты следующее. Вредные и опасные для организма воздействия во время сборки являются результатом контакта со сталью и другими веществами. Разрабатываются меры, которые смягчат негативное и вредное воздействие на организм. Вывешивают, публикуют или объявляют информацию о том, какие действия необходимы выполнить, если на промышленном объекте произошла чрезвычайная ситуация. При выполнении всех требуемых мер, соблюдением правил нахождения на производстве, его можно считать безопасным, как для рабочих, так и для посетителей.

6 Экономический раздел дипломного проекта

6.1 Технико-экономическое обоснование объекта разработки дипломного проекта

Технико-экономическое обоснование – значимый элемент каждого проекта, включая разработку технического устройства в дипломной работе. Оно подразумевает изучение технической и экономической обоснованности планируемого проекта.

Объектом дипломного проекта представляет собой новый узел транспортного средства, который обладает улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками. Разрабатываемый агрегат — это сложное техническое устройство, предназначенное для установки на транспортное средство для улучшения его технических и эксплуатационных характеристик, а также функциональности. В рамках дипломной работы разрабатывается агрегат, который обеспечивает транспортному средству новые функции, такие как дополнительные режимы работы, расширенные возможности управления и интеграция с другими системами автомобиля. Разработка и внедрение нового агрегата с улучшенными характеристиками может привести к созданию продукта, который будет отличаться технической новизной на рынке.

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

6.2 Расчет затрат и экономической эффективности

Во время анализа экономической эффективности дипломного проекта необходимо выполнить расчет затрат на создание узла и определить цену продажи разрабатываемой конструкции. Расчет стоимости изготовления конструкции рассчитывается по формуле:

$$C = M + \Pi_i + Z_{осн} + Z_{доп} + СС + И_{цех} + И_{зав} + НР \quad (115)$$

где M – затраты на материалы конструкции, руб.;

Π_i – затраты на покупные изделия, используемые в конструкции, руб.;

$Z_{осн}$ – основная заработная плата рабочих, руб.;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата рабочих, руб.;

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

$И_{цех}$ – общецеховые издержки, $И_{цех} = 85\%$;

$И_{зав}$ – общезаводские издержки, $И_{зав} = 110\%$;

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

Выполним расчет затрат расходов на изготовление проектируемой конструкции. Расчет затрат на материалы, используемые в конструкции, рассчитаны в таблице 22. Расчет материальных затрат выполняется по следующей формуле:

$$M = \sum_{i=1}^n M_n \cdot C_n + k_3 \sum_{i=1}^n M_n \cdot C_n \quad (116)$$

где M_n – количество материала, ед;

C_n – цена материала за единицу, руб.;

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

Таблица 22 – Расчет затрат на материалы

Наименование	Ед. изм	Цена за ед.изм,руб	Норма расхода	Сумма, руб
Прокат Сталь 60С2Г	кг	78,00	1,55	120,90
Поковка 20ХГНМ	кг	65,23	1,98	129,16
Штамповка Сталь 10	кг	47,00	1,3	61,10
Черные металлы (отходы)	кг	24,00	2,8	67,20
Итого				378,36
Транспортно-заготовительные расходы		0,15		5,67
Всего				384,04

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

$$П_{и} = \sum_{i=1}^n П_{и_n} \cdot C_n + k_3 \sum_{i=1}^n П_{и_n} \cdot C_n \quad (117)$$

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

C_n – цена за единицу покупного изделия, руб.;

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

Для удобства проведения расчетов по затратам на закупку и доставку покупных изделий конструкции, сведем их в таблицу 23.

Таблица 23 – Расчет затрат на покупные изделия

Наименование и вид покупного изделия	Количество покупных изделий	Цена за единицу, руб	Сумма, руб
Опора верхняя стойки в сборе	2	1520,54	3041,08
Вкладыш амортизатора в сборе	2	1892,42	3784,84
Кожух защитный штока	2	237,63	475,26
Буфер хода сжатия	2	126,32	252,64
Гайка корпуса стойки	2	125,17	250,34
Болт	4	105,26	421,00
ИТОГО			8366,40
Транспортно-заготовительные расходы			125,49
ВСЕГО			8491,89

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

$$Z_0 = \sum_{i=1}^n (T_i \cdot C_{Ti} \cdot k_{чi} \cdot k_{пр}) \quad (118)$$

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

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

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

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

Расчет основной заработной платы рабочих приводится в таблице 24.

Таблица 24 – Расчет основной заработной платы

Виды операций	Разряд работы	Трудоемкость, чел-час	Часовая тарифная ставка	Основная зарплата
Сварочная	5	2,52	210,30	529,95
Токарная	6	0,64	250,50	160,32
Фрезерная	6	0,50	250,50	125,25
Шлифовальная	6	1,52	250,50	380,00
Термическая	5	0,95	210,30	199,79
Сборочная	4	1,82	185,25	337,16
Заготовительная	5	0,58	176,29	102,25
ИТОГО				1834,72
Премииальные доплаты		1,24		22,75
Основная заработная плата				1857,47

Наряду с основной заработной платой, рассчитывается размер дополнительной заработной платы. Дополнительная заработная плата – это переменная часть общей заработной платы, которая выплачивается рабочему, например, за определенные условия труда и как определенная гарантия от работодателя. Расчет заработной платы производится по формуле:

$$Z_{\text{доп}} = Z_0 \cdot k_{\text{доп}}, \quad (119)$$

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

Отчисления в социальный фонд составляют важный компонент в формировании фонда оплаты труда. В отличие от обычной заработной платы, эти деньги не напрямую выдаются работникам, а перечисляются непосредственно в фонд социального страхования со стороны работодателя.

Расчет величины отчислений в фонд социального страхования рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{ФСС}} = (З_0 + З_{\text{доп}}) \cdot 0,3 \quad (120)$$

Также предприятие несет издержки, связанные с ремонтом оборудования и его обслуживанием. Расчет затрат на содержание и эксплуатацию оборудования определяется как процент от затрат на основную заработную плату. В соответствии с принятой практикой расчетов, принимаем для затрат на содержание и эксплуатацию 104% от затрат на основную заработную плату. Расчет производится по формуле:

$$Р_{\text{об}} = З_0 \cdot 1,04 \quad (121)$$

Общехозяйственные расходы – это расходы по цеху, занятого в производственном процессе. Как правило, это расходы, связанные с поддержанием работоспособности цеха, транспортно-технологической деятельностью в цехе и заработной платой вспомогательного персонала. Расчет общехозяйственных расходов производится как процент от затрат на основную заработную плату. В соответствии с принятой практикой расчетов, принимаем для затрат на общехозяйственные расходы 25% от затрат на основную заработную плату. Расчет производится по формуле:

$$Р_{\text{ох}} = З_0 \cdot 0,25 \quad (122)$$

Общепроизводственные расходы – это расходы предприятия, связанные с выпуском продукции и осуществлением хозяйственной и коммерческой деятельности. Как правило, общепроизводственные расходы связаны с функционированием предприятия, включая затраты на заработную плату инженерно-технического и административно-управленческого персонала. В соответствии с принятой практикой расчетов, принимаем для затрат на общепроизводственные расходы 30% от затрат на основную заработную плату.

Расчет производится по формуле:

$$P_{оп} = Z_о \cdot 0,30 \quad (123)$$

Сведение всех статей расходов в общую сумму, даст величину производственной себестоимости продукции. Это затраты предприятия на производство продукции. Добавление к производственной себестоимости внепроизводственных расходов, позволит рассчитать величину полной себестоимости. Для простоты и удобства восприятия, все статьи расходов сведем в таблицу 26.

Таблица 26 – Расчет себестоимости конструкции

Наименование статьи затрат	Сумма, руб
Затраты на материалы	384,04
Затраты на покупные изделия	8491,89
Зарплата основная	1857,47
Зарплата дополнительная	464,36
Отчисления на соцстрах	696,54
Расходы на содержание оборудования	1931,76
Общепроизводственные расходы	557,24
Общехозяйственные расходы	464,36
Производственная себестоимость	14847,66
Внепроизводственные расходы	1200,34
Полная себестоимость	16048,00

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

6.3 Расчет экономического эффекта от разработанной конструкции

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

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

$$Ц_i = С_п + С_п \cdot 0,15 + С_п \cdot 0,20 \quad (124)$$

Принимаем отпускную цену $Ц_i = 21664,80$ руб. Как было отмечено ранее, экономический эффект будет достигнут за счет увеличения цены для конечного потребителя, за счет чего и будет получена прибыль предприятия. Расчет производится по формуле:

$$Э = Ц_i - Ц \quad (125)$$

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

В соответствии с произведенным анализом, выявлена цена на изделие на рынке у разных продавцов. Анализ средней стоимости приведен в таблице 27.

Таблица 27 – Расчет средней цены изделия

Наименование фирмы	Цена изделия, руб
«Технологии будущего»	16490,00
«SS20»	19350,00
«Sport Demfi»	18480,00
«Астон»	17291,00

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

Предполагается объём реализации в количестве не менее 150000 изделий. Тогда годовой экономический эффект составит:

$$Эг = Э \cdot N, \quad (126)$$

где N – объём реализации продукции, ед.

Рассчитанный экономический эффект можно использовать при более детальной проработке эффективности внедрения изделия, которое позволит рассчитать срок окупаемости проекта, социальный эффект и ряд иных показателей, которые лежат вне рамок выполнения экономического раздела выпускной квалификационной работы.

Объектом дипломного проектирования явился новый тип узла транспортного средства, который обладает уникальным функционалом и улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками. Проектируемый в рамках дипломного проекта узел обладает новыми техническими возможностями, такими как эффективность работы, повышенная производительность, позволяющая увеличить комфорт при эксплуатации автомобиля, надежность и долговечность. Таким образом, разработка и внедрение нового агрегата с улучшенными характеристиками

имеет потенциал для создания продукта, который будет выделяться на рынке технической новизной и обладать привлекательностью как для пользователей, так и для эксплуатантов транспортных средств.

Расчет цены и оценка экономического эффекта будет произведен в соответствующем подразделе экономического раздела дипломного проекта. В результате произведенных расчетов определена себестоимость изделия, $Сп = 16048,00$ руб. Определение себестоимости позволило рассчитать отпускную цену на разработанное изделие. В отпускную цену включается прибыль, которую предприятие предполагает получить от продажи изделия, а также налог на добавленную стоимость (НДС). Принимаем отпускную цену $Ци = 21664,80$ руб.

Экономический эффект от разработки новой конструкции является комплексным показателем, свидетельствующим об общей успешности разработанной конструкции. Выражается в получении дополнительной прибыли от увеличения отпускной цены. Отчасти это может объясняться большими затратами на изготовление конструкции, а отчасти повышенным спросом со стороны потребителя на разработанную конструкцию, что объясняется лучшими эксплуатационными показателями. Предполагается объём реализации в количестве не менее 150000 изделий. Тогда годовой экономический эффект составит, $Эг = 564307500,00$ руб.

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

Заключение

Цель дипломной работы заключалась в улучшении плавности хода автомобиля и обеспечении комфорта в управлении автомобилем, путём усовершенствования конструкции передней подвески.

В результате была доработана базовая конструкция подвески автомобиля Lada Vesta SW. Благодаря этому повысилась управляемость и стабильность автомобиля во время движения. Путем создания нового независимого узла подвески передних колес, была улучшена курсовая устойчивость и безопасность движения. Также был уменьшен износ компонентов передней подвески.

При этом было установлено, что эффективным вариантом требуемого улучшения является замена цилиндрической пружины подвески на две цилиндрические пружины разной жесткости.

Конструкция стойки позволяет устанавливать ее на автомобиль, не внося изменения в общую схему конструкции. В рамках дипломного проекта были проведены тягово-динамические расчеты для автомобиля LADA Vesta SW.

Для понимания свойств упругости подвески были проведены расчеты стабилизатора, расчеты жесткости пружин, расчеты на боковой занос и расчет на демфирующие свойства подвески. Расчеты подтвердили правильность выбранной конструкции для максимальной ее нагрузки. Представленная работа соответствует современному состоянию и возможностям техники и науки в автомобильной промышленности.

Можно заключить, что усовершенствованная подвеска полностью соответствует заданным проектным требованиям. Расположение пружин и амортизаторов способствует повышению плавности движения и устойчивости автомобиля на неровных дорогах. По сравнению с оригиналом, автомобиль стал более комфортабельным, сохраняя при этом улучшенную управляемость.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Автоматические системы транспортных средств: учебник / В.В. Беляков, Д.В. Зезюлин, В.С. Макаров, А.В. Тумасов. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2023. — 352 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-00091-571-4.
2. Автомобили / А. В. Богатырев, Ю. К. Есеновский-Лашков, М. Л. Насоновский, В. А. Чернышев. Под ред. А. В. Богатырева. - М.: Колос, 2004. - 496 с.
3. Автомобиль: Основы конструкции: Учеб, для ВУЗов специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство»/ Н. Вишняков, В. К. Вахламов, А. Н. Нарбут и др. - 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986, -304 с.
4. Анурьев, В.И. Справочник технолога машиностроителя / В.И. Анурьев;. – М. : Машиностроение, 1980. – 688 с.
5. 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.
6. Березина, Е. В. Автомобили: конструкция, теория и расчет : учебное пособие / Е.В. Березина. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 320 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-018271-1.
7. 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.
8. Богатырев, А. В. Электронные системы мобильных машин : учебное пособие / А.В. Богатырев. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 224 с.
9. Куклин, Н.Г. Детали машин / Н.Г. Куклин;. – М. : Высшая школа, 1973. - 384с.

10. Кутьков, Г. М. Тракторы и автомобили: теория и технологические свойства : учебник / Г.М. Кутьков. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 506 с.

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

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

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

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

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

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

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

18. Тарасик, В. П. Теория автомобилей и двигателей : учебное пособие /В.П. Тарасик, М.П. Бренч. – 2-е изд., испр. – Минск : Новое знание ;

Москва :ИНФРА-М, 2020. – 448 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978- 5-16-101224-6.

19. Унгер Э. В., Машатин В. Н., Этманов С. А. Устройство и техническое обслуживание автомобилей КамАЗ. - М.: Транспорт, 1976. – 392с.

20. Устройство автомобиля: Учебник для учащихся автотранспортных техникумов / Е. В. Михайловский, К. Б. Серебряков, Е. Я. Тур.—6-е изд., стереотип.— М.: Машиностроение, 1987.—352 с.

21. Черепанов, Л.А. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля: учеб. Пособие / Л. А. Черепанов; ТолПИ. - Тольятти: ТолПИ, 2001.-40 с: ил. - Библиогр. : с. 3

22. Concepcion, M. Includes operating parameters, advantages and electronic components for all CVTs - 2nd edition / M. Concepcion. - Create Space Independent Publishing Platform, 2013. - 76 p.

23. Dainius, L., Research on Probability for Failures in VW Cars During Warranty and Post-Warranty Periods / Mokslas: Lietuvos Ateitis, 2014. - 2 p.

24. Konig, R. Schmieretechnik / R. Konig. - Springer, 1972. - p.164.

25. Maten, J. Continuously Variable Transmission (CVT) / J. Maten, B Anderson. - SAE Internatioal, 2006. - 400 p.

26. Mikell, P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems / P. Mikell. - John Wiley & Sons, 2010.-p.1024.

Приложение А

КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены. Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № докл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № докл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.	Формат Зона Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание						
											Сборочные единицы								
										24.ДП.01.180.61.01.000СБ	Корпус стойки в сборе								
										1	24.ДП.01.180.61.25	Корпус стойки	1						
										2	24.ДП.01.180.61.03	Чаша опорная нижняя	1						
										3	2180-2905605	Вкладыш амортизатора	1						
										4	2180-2905610	Гайка корпуса стойки	1						
										24.ДП.01.180.61.01.000СБ									
										Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Корпус стойки в сборе					
										Разраб.	Серко М.А.						Лит.	Лист	Листов
										Проб.	Тизилов А.С.						У	1	3
										Т.контр.	Тизилов А.С.						ТГУкаф. ПуЭА гр.АТс-1901а		
										Н.контр.	Тизилов А.С.								
										Утв.	Бобровский А.В.			Формат А4					

Рисунок А.1 – Спецификация «Корпус стойки в сборе» лист 1

Приложение Б

Перв. примен.		Формат	<i>Обозначение</i>			<i>Наименование</i>			<i>Кол.</i>	<i>Приме- чание</i>
		Зона								
Справ. №						<i>Сборочные единицы</i>				
			<i>24.ДПО1.180.61.02.000СБ</i>			<i>Стойка телескопическая</i>				
		1	<i>24.ДПО1.180.61.01.000СБ</i>			<i>Корпус стойки в сборе</i>			1	
		2	<i>24.ДПО1.180.61.03</i>			<i>Чаша опорная нижняя</i>			1	
		3	<i>24.ДПО1.180.61.04</i>			<i>Пружина сжатия основная</i>			1	
		4	<i>24.ДПО1.180.61.05</i>			<i>Чаша опорная промежуточная</i>			1	
		5	<i>24.ДПО1.180.61.06</i>			<i>Пружина сжатия дополнительная</i>			1	
		6	<i>24.ДПО1.180.61.07</i>			<i>Чаша опорная верхняя</i>			1	
		7	<i>24.ДПО1.180.61.08</i>			<i>Опора стойки в сборе</i>			1	
		Взам. инв. №						<i>Детали</i>		
8	<i>24.ДПО1.180.61.16</i>			<i>Буфер хода сжатия</i>						
9	<i>24.ДПО1.180.61.17</i>			<i>Кожух защитный штока</i>						
10	<i>24.ДПО1.180.61.24</i>			<i>Гайка М12×1,25</i>						
Инв. № подл.					<i>24.ДПО1.180.61.02.000СБ</i>					
		<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>				
Инв. № подл.		<i>Разраб.</i>	<i>Серга М.А.</i>			<i>Стойка телескопическая</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>	
		<i>Проб.</i>	<i>Тизялов А.С.</i>				У	1	3	
		<i>Т.контр.</i>	<i>Тизялов А.С.</i>				<i>ТГУ, каф ПуЭА гр. АТС-190а</i>			
		<i>Н.контр.</i>	<i>Тизялов А.С.</i>							
		<i>Утв.</i>	<i>Бобровский А.В.</i>							
Подп. и дата										

Рисунок Б.1 – Спецификация «Стойка телескопическая» лист 1

Приложение В

Перв. примен.		Формат	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
		Зона					
				<u>Сборочные единицы</u>			
A1	1		24.ДП.01.180.62.00.000СБ	Кулак поворотный в сборе со стойкой			
	2		24.ДП.01.180.61.02	Стойка телескопическая	1		
	3		24.ДП.01.180.61.03	Чаша опорная нижняя	1		
	4		24.ДП.01.180.61.04	Пружина сжатия основная	1		
	5		24.ДП.01.180.61.05	Чаша опорная промежуточная	1		
	6		24.ДП.01.180.61.06	Пружина сжатия дополнительная	1		
	7		24.ДП.01.180.61.07	Чаша опорная верхняя	1		
	8		24.ДП.01.180.61.08	Опора стойки в сборе	1		
				<u>Детали</u>			
	9		24.ДП.01.180.61.09	Шайба	1		
	10		24.ДП.01.180.61.10	Шайба болта	1		
	11		24.ДП.01.180.61.11	Шайба переднего шарнира	1		
	12		24.ДП.01.180.61.12	Шайба подшипника	1		
	13		24.ДП.01.180.61.13	Шайба регулировочная	4		
	14		24.ДП.01.180.61.14	Шайба упорная	2		
	15		24.ДП.01.180.61.15	Болт стойки развальный	1		
			24.ДП.01.180.62.00.000.СБ				
		Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
		Разраб.	Серко М.А.				
		Проб.	Тизилов А.С.				
		Н.контр.	Тизилов А.С.				
		Утв.	Бобровский А.В.				
		Кулак поворотный в сборе со стойкой			Лит.	Лист	Листов
					У	1	3
					ТГУ каф. ПуЭА гр. АТс-1901а		
КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. и дата	
Инд. № подл.		Подп. и дата		Справ. №		Не для коммерческого использования	
				Копировал		Формат А4	

Рисунок В.1 – Спецификация «Кулак поворотный в сборе со стойкой» лист 1

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		16	24.ДП.01.180.6.116	Буфер хода сжатия	1	
		17	24.ДП.01.180.6.117	Кожух защитный штока	1	
		18	24.ДП.01.180.6.118	Кольцо уплотнительное	1	
		19	24.ДП.01.180.6.119	Колпак ступицы колеса	1	
		20	24.ДП.01.180.6.120	Кронштейн подушки	1	
				штанги		
		21	24.ДП.01.180.6.121	Втулка распорная	1	
		22	24.ДП.01.180.6.122	Растяжка нижнего	1	
				рычага		
		23	24.ДП.01.180.6.123	Шаровый палец	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		24		Болт М10×1,25×25	2	
				ГОСТ 7798-70		
		25		Болт М10×1,25×75	1	
				ГОСТ 7798-70		
		26		Болт М12×1,25×55	1	
				ГОСТ 7798-70		
		27		Болт М12×1,25×70	1	
				ГОСТ 7798-70		
		28		Гайка М8 DIN 985	2	
		29		Гайка М10×1,25	1	
				ГОСТ 5915-70		
		30		Гайка М12×1,25	1	
				ГОСТ-5915		
		31		Гайка М12×1,25 DIN 985	4	
		32		Гайка М16×1,5 DIN 985	2	
		33		Гайка М20×1,5	1	
				ГОСТ 23.4.96-76		
		34		Шайба 8.01096	2	
				ГОСТ 6958-78		
24.ДП.01.180.62.00.000.СБ						Лист
						2
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Инв. № подл. Подп. и дата
Взам. инв. № Инв. № дубл. Подп. и дата

Не для коммерческого использования

Копировал

Формат А4

Рисунок В.2 – Спецификация «Кулак поворотный в сборе со стойкой» лист 2

