

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)

на тему Модернизация задней подвески легкового автомобиля LADA Granta

Обучающийся

И.С. Назаров

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент В.Н. Лата

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

Консультанты

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

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

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

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

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

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

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

Тольятти 2025

Аннотация

В теме дипломного проекта раскрывается ненадежность подвески легкового автомобиля LADA Granta из-за частых выходов из строя ступичного шарикоподшипника и решение этой проблемы путем интеграции в ступичный узел роликоподшипника, устанавливаемого на автомобиль LADA Vesta.

Расчетно-пояснительная записка содержит 6 разделов, введение, заключение, список используемой литературы и используемых источников и приложения. Объем работы 92 страницы. Графическая часть включает в себя 10 листов А1.

В первом разделе поднимается состояние вопроса, разбираются общие сведения о подвеске их типы, устройство, проблемы, назначение ступичного узла и решение проблем связанных с ним.

Во втором разделе производится тягово-экономический расчет автомобиля на базе которого происходит модернизация.

В третьем разделе приведена конструкторская часть в которой происходят расчеты характеристики и анализа надежности проектируемого узла.

В четвертом разделе описывается технология сборки задних рычагов с тормозами в сборе и узловых сборок. Там описываются рабочие места и рассчитывается время необходимое на каждую операцию при сборке.

Безопасность и экологичность проекта рассчитывается в пятой части. Там описываются средства индивидуальной защиты, опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте и средства борьбы с ними.

В шестом разделе рассчитывается экономическая эффективность проекта, на основании которой делается вывод о его реализации.

В конце приведены выводы по работе список используемых источников и приложения.

Abstract

The title of the degree paper is «Modernization of the rear suspension of the LADA Granta vehicle».

The degree paper consists of 92 pages, including introduction, and head of issue status, traction calculation of the vehicle, design, technological, economic parts and the head of the security object. It also has a graphic part of 10 A1 sheets.

The first part contains the design of the modernized unit, its current development trends, as well as the classification of existing types of constructions.

The second part, the traction and economic calculation of the car is carried out on the basis of which the modernization takes place.

The third part of the project is dedicated to vehicle design calculations. This part presents the calculation of the characteristics of the vehicle and the calculation of the design.

The fourth part describes the technology of assembling the rear suspension arms with brakes. The technological part describes the jobs and calculates the time required for each assembly operation.

The safety and environmental friendliness of the project is calculated in the fifth part. The fifth part describes personal protective equipment, dangerous and harmful factors of production in the workplace and the means to combat them.

The sixth part provides economical calculations for piece-price of the developed product. The calculation presents the breakeven point for this project and calculation evidence for its economic efficiency. This modernization, which is described in the degree paper, could be implemented into current mass production.

Содержание

Введение.....	6
1 Состояние вопроса	7
1.1 Подвеска автомобиля. Назначение и устройство	7
1.2 Типы подвесок легкового автомобиля.....	11
1.3 Ступичный узел легкового автомобиля. Назначение, конструкция и проблемы.....	13
1.4 Состав, проблемы ступичного узла и его модернизация.....	15
2 Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля	18
2.1 Исходные данные	18
2.2 Определение мощности и крутящего момента на двигателе	18
2.3 Определения передаточных чисел трансмиссии	24
2.4 Анализ тяговой динамики	29
2.5 Анализ динамики разгона	34
2.6 Мощностной баланс автомобиля.....	40
2.7 Расчет топливно-экономической характеристики.....	43
3 Конструкторская часть	46
3.1 Расчет неподрессоренных масс автомобиля	46
3.2 Прочностной анализ болтов крепления задней оси	49
3.3 Расчет параметров для испытаний циклической долговечности задней оси и её крепления.....	51
4 Технологическая часть	55
4.1 Введение в технологическую часть	55
4.2 Расчет параметров технологической части	55
5 Безопасность и экологичность проекта	61
5.1 Введение в безопасность и экологичность.....	61
5.2 Опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте и средства борьбы с ними.....	61
5.3 Идентификация опасных и вредных производственных факторов на рабочем месте	64
5.4 Обеспечение электробезопасности на производственном участке	67
5.5 Обеспечение пожарной безопасности на производственном участке ...	67
5.6 Экологическая безопасность объекта	68

6 Экономическая эффективность проекта.....	70
6.1 Техничко-экономическое обоснование проекта.....	70
6.2 Расчет затрат.....	70
6.3 Точка безубыточности проекта	75
6.4 Коммерческая эффективность проекта.....	77
6.5 Экономический эффект	80
Заключение	85
Список используемой литературы и используемых источников.....	86
Приложение А	88
Приложение Б	89
Приложение В.....	90
Приложение Г	91

Введение

Прогресс в автомобилестроении — это непрерывный процесс улучшения технологий, дизайна и безопасности транспортных средств. Он затрагивает все аспекты создания автомобиля, начиная от проектирования и заканчивая производством и эксплуатацией.

Развитие всех систем входящих в состав автомобиля непосредственно влияет на функциональные свойства, потребительские свойства и на свойства активной пассивной и экологической безопасности.

Модификация подвески автомобиля является одной из ключевых задач в области автомобилестроения и тюнинга транспортных средств. Эта область привлекает внимание инженеров-конструкторов и автолюбителей из-за значительного влияния подвески на управляемость, устойчивость и комфорт при движении автомобиля. Задняя подвеска играет важную роль в обеспечении безопасности движения, особенно на высоких скоростях и при прохождении поворотов, а также влияет на динамику разгона и торможение автомобиля.

«Подвеска автомобиля выполняет одновременно несколько важных функций, от ее конструкции и рабочих характеристик зависят управляемость, устойчивость, плавность хода и другие свойства автомобиля, определяющие его безопасность, комфортность, надежность и экономичность. От свойств подвески зависит физиологическое и эмоциональное состояние водителя и пассажиров, поскольку вибрации, быстрые и резкие изменения положения тела сильно утомляют человека, известно, что усталость напрямую зависит от изменений ускорения и частоты колебаний.»[12]

1 Состояние вопроса

1.1 Подвеска автомобиля. Назначение и устройство

Подвеска является одной из ключевых систем современного автомобиля, обеспечивающей комфорт водителя и пассажиров при движении, а также безопасность управления транспортным средством. Основная функция подвески заключается в упругом соединении кузова автомобиля с колесами с минимизацией передачи вибраций и ударов от неровностей дороги к кузову автомобиля. Это достигается за счет использования упругих, гасящих и направляющих устройств. Устройство подвески автомобиля на рисунке 1.

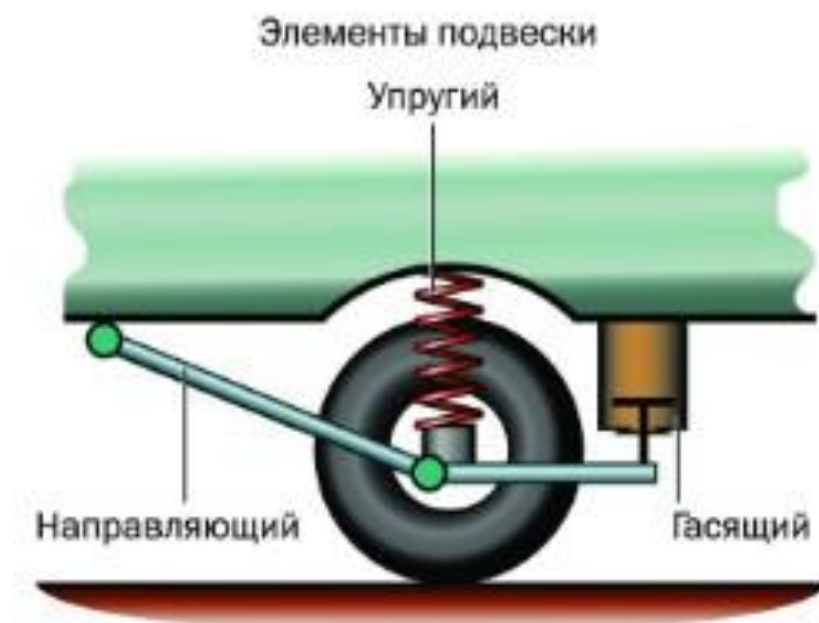


Рисунок 1 – устройство подвески автомобиля

Упругое устройство подвески служит для уменьшения динамических нагрузок, воздействующих на кузов автомобиля. Упругим устройством в

современных автомобилях В класса¹ чаще всего являются витые пружины, изготавливаемые из стального стержня. Они бывают переменного сечения и разной формы, что по разному влияет на жесткость подвески. Пример пружины на рисунке 2.



Рисунок 2 – пружина задней подвески компании Miles

Гасящее устройство демпфирует колебания кузова в результате работы упругого элемента. Эту роль играют однотрубные или двухтрубные телескопические амортизаторы. Пример двухтрубного и однотрубного амортизатора на рисунке 3.

«Кроме того, амортизатор снижает вертикальную скорость перемещения колеса относительно кузова.»[1]

«Действие такого амортизатора основано на использовании гидравлического сопротивления, возникающего при перетекании жидкости из

¹ Рассматривается для всего раздела

одной полости цилиндра в другую через отверстия, перекрытые клапанами сжатия и отдачи.»[1]



Рисунок 3 – двухтрубный и однотрубный амортизатор

Направляющее устройство определяет кинематику колес относительно кузова, а также передает боковые и продольные силы от колес к кузову. Направляющим устройством обычно являются направляющие рычаги, торсионные балки или мосты. Пример полунезависимой подвески с торсионной балкой на рисунке 4.



Рисунок 4 – задняя подвеска автомобиля Audi A2 с торсионной балкой

Стабилизатор поперечной устойчивости – это устройство уменьшающее крен кузова, возникающего при повороте автомобиля.

«Стабилизатор поперечной устойчивости автомобиля представляет собой упругую штангу из пружинной стали в виде растянутой буквы П.»[1]

Стабилизатор поперечной устойчивости представлен на рисунке 5.

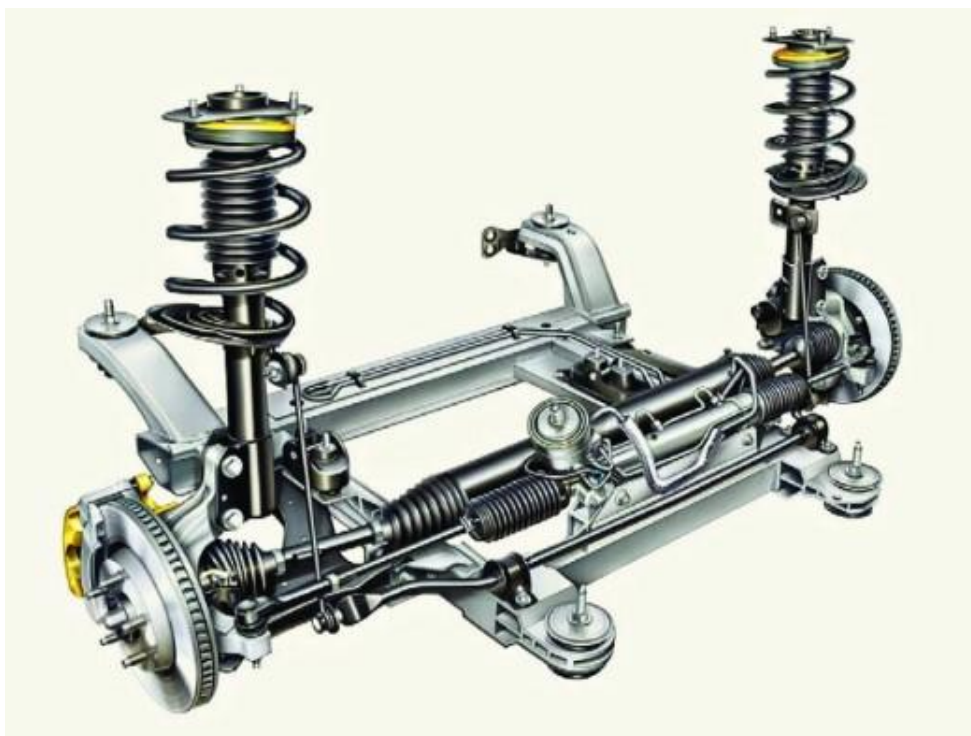


Рисунок 5 – стабилизатор поперечной устойчивости автомобиля Pontiac Grand Prix в средней части соединяется с помощью кронштейнов к подрамнику, а его концы шарнирными тягами присоединяются к стойкам подвески

Все вышеуказанные устройства постоянно модернизируются и меняются. Например в автомобилях премиум класса вместо пружины, упругим устройством часто выступают пневмобаллоны. Очень часто модернизируют амортизаторы под спортивные нужды.

1.2 Типы подвесок легкового автомобиля

На сегодняшний день в легковых автомобилях применяют зависимые, независимые и полунезависимые типы подвесок.

Зависимые подвески характеризуются тем, что оба колеса одной оси жестко связаны друг с другом посредством балки или моста. Это означает, что перемещение одного колеса влияет на положение другого. Такая конструкция проста и надежна, но имеет ряд недостатков, таких как ограниченная управляемость и комфорт. На рисунке 6 изображена схема работы зависимой подвески.

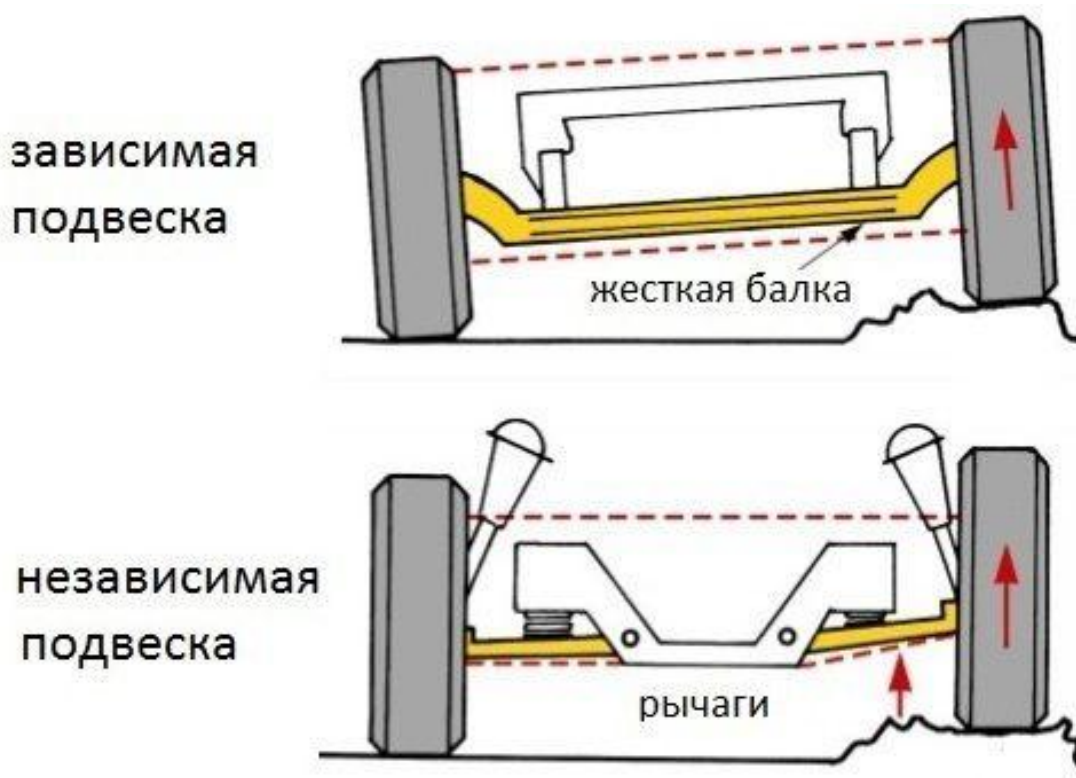


Рисунок 6 – схема работы зависимой и независимой подвески

В независимой подвеске вертикальный ход одного колеса независим от другого см. рисунок 5. Это достигается благодаря использованию отдельных рычагов, для каждого колеса. Независимая подвеска обеспечивает лучшую

управляемость, устойчивость и комфорт по сравнению с зависимой, но и ее стоимость выше. Самый распространенный тип независимой подвески это Макферсон. Существуют еще двухрычажные и многорычажные типы, но они встречаются в основном на спортивных, премиальных и специальных автомобилях. Типы независимых подвесок на рисунке 7.



Рисунок 7 – независимые подвески

«Полунезависимые подвески представляют собой компромисс между зависимым и независимым типом подвесок. Полунезависимая подвеска состоит из продольной торсионной балки, которая соединяет оба колеса задней оси, но позволяет им двигаться относительно друг друга см. рисунок 4. Это упрощает конструкцию и снижает стоимость производства по сравнению с полностью независимой подвеской.»[16]

Тип подвески выбирается в соответствии с компоновкой, назначением и классом автомобиля.

1.3 Ступичный узел легкового автомобиля. Назначение, конструкция и проблемы

Ступичный узел легкового автомобиля – это важный элемент подвески, который обеспечивает вращение колеса вокруг своей оси при движении автомобиля. Он обеспечивает вращение колеса без лишних вибраций, оказывает влияние на устойчивость и динамичность автомобиля, а также является промежуточным звеном передачи крутящего момента между трансмиссией и колесом². Конструкция переднего ступичного узла оказывает существенное влияние на управляемость автомобиля.

Поскольку ступичный узел входит в состав ходовой части автомобиля он оказывает существенное влияние на грузоподъемность.

Ступица – центральная часть узла, к которой крепится колесо. Она имеет посадочные места для подшипника, тормозного диска или барабана.

На подшипнике вращается ступица. Он воспринимает на себя осевые и радиальные нагрузки. В легковых автомобилях применяют подшипники качения с шариковыми либо роликовыми телами качения.

«Поворотный кулак связывает направляющие устройства с колесом, передает нагрузку с колеса на них, а также передает на колеса воздействия от системы рулевого управления через поворотный рычаг. Тип поворотного кулака зависит от типа подвески (однорычажная, двухрычажная).»[17]

Стопорные кольца в ступичном узле выполняют важную функцию фиксации подшипника внутри ступицы колеса. Они предотвращают осевое перемещение подшипника при движении автомобиля.

Грязезащитное кольцо предотвращает попадание влаги, грязи и продуктов износа внутрь ступичного подшипника.

² Для приводимых колес

Крепежными элементами в ступичных узлах выступают болты, гайки, винты. Особое внимание уделяется ступичной гайке, так как выход ее из строя может привести к потере всего ступичного узла вместе с колесом и следовательно привести к ДТП. Она изготавливается из высокопрочной стали и момент ее затяжки в обязательном порядке контролируется динамометрическим ключом.

Ось ступицы (цапфа) – вал, на который опирается ступичный узел вместе с колесом. Она передает нагрузки от колеса на подвеску, а где ведущие колеса – еще и крутящий момент от двигателя.

Передний ступичный узел переднеприводного автомобиля представлен на рисунке 8.

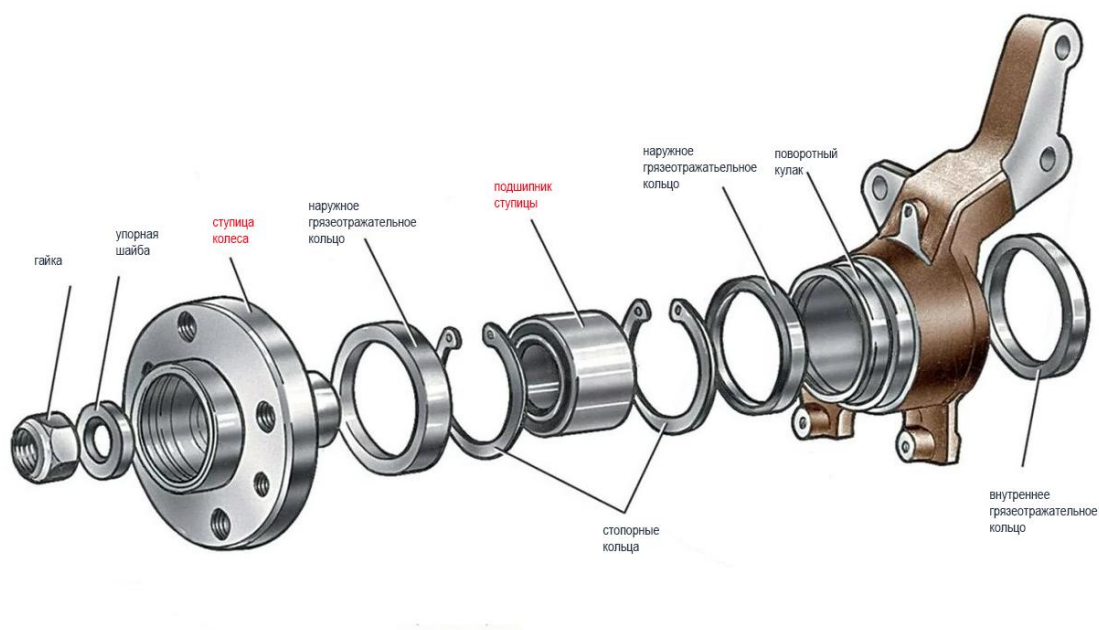
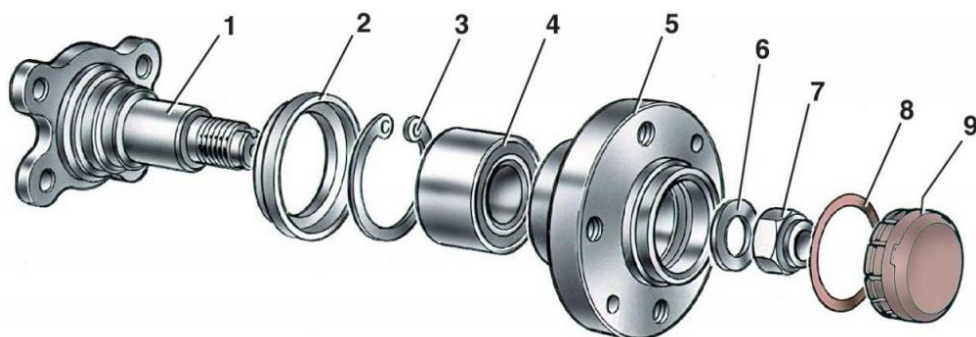


Рисунок 8 – схема переднего ступичного узла переднеприводного автомобиля

Задний ступичный узел переднеприводного автомобиля представлен на рисунке 9.



1 - цапфа; 2 - грязезащитное кольцо; 3 - стопорное кольцо; 4 - ступичный подшипник; 5 - ступица колеса; 6 - шайба подшипника; 7 - гайка ступицы; 8 - уплотнительное кольцо; 9 - колпак ступицы

Рисунок 9 – схема заднего ступичного узла переднеприводного автомобиля

От правильно подобранной конструкции ступичного узла зависит величина неподрессоренной массы, грузоподъемность, надежность и ремонтпригодность всей подвески в целом.

1.4 Состав, проблемы ступичного узла и его модернизация

Модернизация производится на базе полунезависимой задней подвески ВАЗ-2190 LADA Granta. Для модернизации были взяты рычаги и торсионная балка задней подвески в сборе, задний ступичный узел с тормозным барабаном в сборе.

Ступичный узел является одним из самых слабых мест подвески так как там находится ступичный подшипник который имеет такие проблемы как:

- быстрый износ из-за попадания грязи внутрь подшипника, который приводит к увеличению трения в ступичном узле и шуму;
- преждевременный выход из строя из-за неправильной установки и затяжки ступичных гаек;

- малая грузоподъемность, что приводит к низкой грузоподъемности всей подвески.

На рисунке 10 представлен, задний ступичный узел LADA Granta старого образца в разрезе.

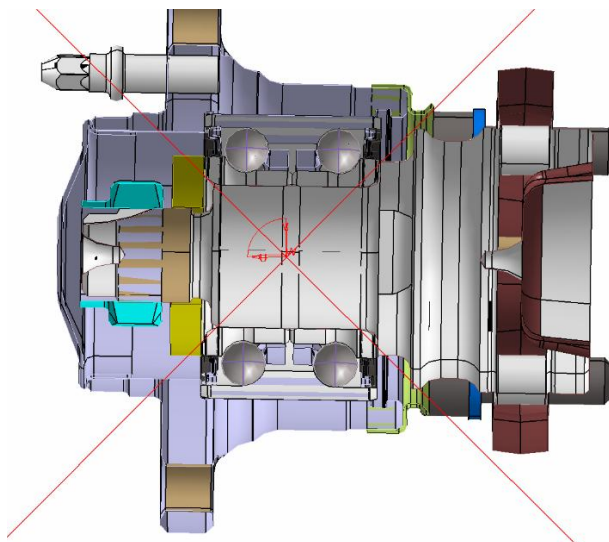


Рисунок 10 – задний ступичный узел LADA Granta старого образца в разрезе

На рисунке 11 представлен задний ступичный узел LADA Granta модернизированный в разрезе.

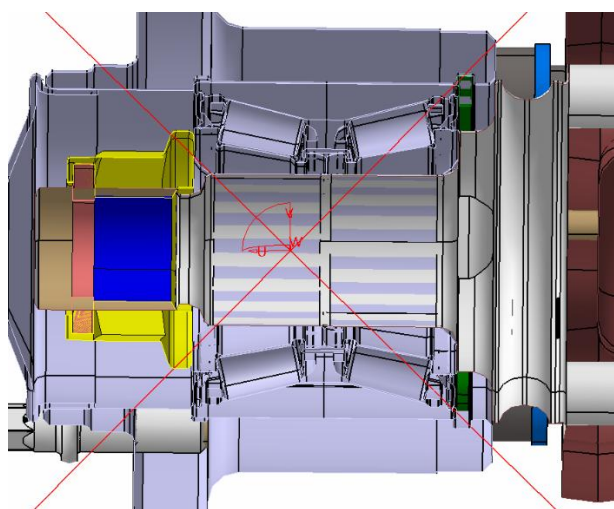


Рисунок 11 - задний ступичный узел LADA Granta, модернизированный, в разрезе

Модернизация задней подвески автомобиля LADA Granta заключается в интеграции двухрядного роликового подшипника 8200600646, устанавливаемого в задний ступичный узел автомобиля LADA Vesta, вместо двухрядного шарикового подшипника 21080-3104020-81, в задний ступичный узел автомобиля LADA Granta. Подшипник 8200600646 имеет большую грузоподъемность, устойчивость к осевым нагрузкам, больший срок службы и устойчивость к воздействиям загрязнений по сравнению с подшипником 21080-3104020-81. Так же подшипник 8200600646 имеет меньшую цену.

2 Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля

2.1 Исходные данные

«Колесная формула: 4х2

Количество человек (n): 5

Длина: 4260 мм

Ширина (B_r): 1700 мм

Высота (H_r): 1500 мм

Масса в снаряженном состоянии (m_0): 1160 кг

Шины: 185/60R14

Коэффициент аэродинамического сопротивления (C_x): 0,38

Коэффициент сопротивления качению (f_0): 0,01

Коэффициент преодолеваемого уклона (α_{max}): 0,3

Максимальная скорость (V_{max}): 180 км/ч = 50 м/с

Максимальная частота вращения коленчатого вала ($\omega_{e\ max}$): $628\ c^{-1} = 6000\ об/мин$

КПД трансмиссии (η_{tr}): 0,92

Число передач: 5»

2.2 Определение мощности и крутящего момента на двигателе

2.2.1 Определение полной массы автомобиля

«Полная масса легкового автомобиля находится по формуле:

$$m_a = m_0 + m_{\text{ч}} \cdot n + m_{\text{б}} \quad (1)$$

где m_0 – снаряженная масса автомобиля;

$m_{\text{ч}}$ – масса одного человека (75кг);

n – количество пассажиров, включая водителя;

$m_{\text{б}}$ – масса багажа на одного человека (10 кг).» [2]

$$m_a = 1160 + 75 \cdot 5 + 10 \cdot 5 = 1585 \text{ кг}$$

Полная масса легкового автомобиля равна 1585 кг.

2.2.2 Определение статистического радиуса колеса

«Зная размер шин определяется статический радиус колеса:

$$r_{\text{ст}} = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H \quad (2)$$

где $d = 14$ дюйм = 0,356 м – посадочный диаметр;

$\lambda_z = 0,8$ – коэффициент вертикальной деформации для радиальных шин;

$H/B = 60\%$ – соотношение высоты профиля шины к ее ширине;

$B = 0,185$ м – ширина профиля шины;

$$H = \frac{60 \cdot 0,185}{100} = 0,11 \text{ м} \text{ – высота профиля шины.} \text{» [2]}$$

$$r_{\text{ст}} = 0,5 \cdot 0,356 + 0,8 \cdot 0,11 = 0,266 \text{ м}$$

«На дорогах с твердым покрытием:

$$r_{\text{ст}} \approx r_{\text{д}} \approx r_{\text{к}} = 0,266 \text{ м}$$

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

$r_{\text{к}}$ – радиус качения колеса.» [2]

Статический радиус равен 0,266 м.

2.2.3 Определение коэффициента обтекаемости

«Коэффициент аэродинамического сопротивления находится по формуле:

$$k = \frac{C_x \cdot \rho}{2} \quad (3)$$

где $\rho = 1,293 \text{ кг/м}^3$ – плотность воздуха в нормальных условиях;

$C_x = 0,38$ – коэффициент аэродинамического сопротивления.» [2]

$$k = \frac{0,38 \times 1,293}{2} = 0,247$$

Коэффициент аэродинамического сопротивления равен 0,247.

2.2.4 Расчет площади миделя автомобиля

Площадь миделя автомобиля находится по формуле:

$$F = 0,8 \cdot B_{\Gamma} \cdot H_{\Gamma}, \quad (4)$$

$$F = 0,8 \cdot 1,7 \cdot 1,5 = 2,04 \text{ м}^2.$$

Площадь миделя автомобиля равна $2,04 \text{ м}^2$.

2.2.5 Расчет коэффициента сопротивления качению при малой скорости

«Для определения коэффициента сопротивления качению в зависимости от максимальной скорости пользуются эмпирической формулой:

$$f = f_0 \cdot \left(1 + \frac{V_{a\max}^2}{2000}\right) \quad (5)$$

где $f_0 = 0,01$ – коэффициент сопротивления качению при движении автомобиля с малой скоростью;

$V_{a\max}$ – максимальная скорость автомобиля.» [2]

$$f = 0,01 \cdot \left(1 + \frac{50^2}{2000}\right) = 0,023$$

Коэффициент сопротивления качению при максимальной скорости равен 0,023.

2.2.6 Определение внешней скоростной характеристики двигателя

Полный вес автомобиля:

$$G_a = m_a \cdot g \quad (6)$$

где $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

$$G_a = 1585 \cdot 9,81 = 15548,85 \text{ Н}$$

«Первоначально определяют мощность двигателя при максимальной скорости автомобиля N_V (в Вт) по формуле мощностного баланса с учетом КПД трансмиссии:

$$N_V = \frac{1}{\eta_{\text{тр}}} \left(G_a \cdot \psi_V \cdot V_{\max} + \frac{C_x}{2} \cdot \rho \cdot F \cdot V_{\max}^3 \right) \quad (7)$$

где $\psi_V = f_k = 0,023$ – коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля;

$\eta_{\text{тр}} = 0,92$ – КПД трансмиссии для переднеприводного автомобиля.»[2]

$$N_V = \frac{1}{0,92} \cdot (15548,85 \cdot 0,023 \cdot 50 + 0,247 \cdot 2,04 \cdot 50^3) = 71332,5 \text{ Вт} = 71,33 \text{ кВт}$$

«Максимальная мощность двигателя в зависимости от его типа:

$$N_{max} = \frac{N_V}{a \cdot \lambda + b \cdot \lambda^2 - c \cdot \lambda^3} \quad (8)$$

где $a = b = c = 1$ – эмпирические коэффициенты для бензинового двигателя;

$\lambda = \frac{\omega_{max}}{\omega_N} = 1,1$ – отношение частот вращения коленчатого вала при максимальной скорости к частоте вращения коленчатого вала при максимальной мощности.»[2]

$$N_{max} = \frac{71332,5}{1 \cdot 1,1 + 1 \cdot 1,1^2 - 1 \cdot 1,1^3} = 72862,61 \text{ Вт}$$

Частота вращения коленчатого вала при максимальной мощности:

$$\omega_N = \frac{\omega_V}{\lambda}, \quad (9)$$

$$\omega_N = \frac{628}{1,1} = 570,91 \text{ с}^{-1}.$$

«Эффективная мощность двигателя:

$$N_e = N_{max} \left[a \cdot \frac{\omega_e}{\omega_N} + b \cdot \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - c \cdot \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right] \quad (10)$$

где ω_e – текущее значение частоты вращения коленчатого вала;

N_e – текущее значение эффективной мощности двигателя.»[2]

Эффективный крутящий момент двигателя:

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e} \quad (11)$$

Принимая минимальную частоту вращения коленчатого вала $\omega_{min} = 100 \text{ с}^{-1}$ выбирается интервал до ω_{max} и рассчитываются значения внешней скоростной характеристики N_e и M_e по формулам (10) и (11). Результаты расчетов сводятся в таблицу 1.

Таблица 1 – расчеты внешней скоростной характеристики двигателя

Текущее значение частоты вращения коленчатого вала, рад/с	Текущее значение эффективной мощности двигателя, кВт	Текущее значение эффективного крутящего момента двигателя, Н · м
100	14,495	145,117
160	24,352	152,374
220	34,464	156,83
280	44,326	158,485
340	53,435	157,34
400	61,288	153,393
460	67,381	146,645
520	71,210	137,096
580	72,272	124,747
628	70,790	112,85

Определяются стендовые данные двигателя:

$$N_{ст} = 1,15 \cdot N_{emax} \quad (12)$$

где $N_{ст}$ – стендовая мощность двигателя;

N_{emax} – максимальное значение эффективной мощности, снятое с внешней скоростной характеристики двигателя.

$$M_{ст} = 1,15 \cdot M_{emax} \quad (13)$$

где $M_{ст}$ – стендовый крутящий момент двигателя;

M_{emax} – максимальное значение эффективного крутящего момента, снятое с внешней скоростной характеристики двигателя.

$$N_{\text{ст}} = 1,15 \cdot 72,272 = 83112,8 \text{ Вт},$$

$$M_{\text{ст}} = 1,15 \cdot 158,485 = 182,258 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

По рассчитанным данным из таблицы 1 строится график внешней скоростной характеристики.

2.3 Определения передаточных чисел трансмиссии

2.3.1 Определение передаточного числа главной передачи

«Передаточное число главной передачи U_0 определяется исходя из максимальной скорости автомобиля:

$$U_0 = \frac{r_k}{U_k} \times \frac{\omega_{\text{max}}}{V_{\text{max}}} \quad (14)$$

где $U_k = 0,941$ – передаточное число высшей передачи в коробке передач, на которой обеспечивается максимальная скорость автомобиля.»[2]

$$U_0 = \frac{0,266 \cdot 628}{0,941 \cdot 50} = 3,7$$

Передаточное число главной передачи равно 3,7. Оно будет использоваться в дальнейшем для определения передаточных чисел коробки передач.

2.3.2 Определение передаточных чисел коробки передач

«Передаточное число первой передачи определяется по заданному максимальному дорожному сопротивлению ψ_{max} . Для обеспечения возможности движения в этих условиях тяговая сила на ведущих колесах F_T должна быть больше силы сопротивления дороги F_d , т. е.

$$\frac{M_{max} \cdot \eta_{тр} \cdot U_0 \cdot U_{k1}}{r_k} \geq G_a \cdot \psi_{max}, \text{ или } U_{k1} \geq \frac{G_a \cdot \psi_{max} \cdot r_k}{M_{max} \cdot \eta_{тр} \cdot U_0} \quad (15)$$

где U_{k1} – передаточное число коробки передач при включенной первой передаче.

Еще одним условием необходимо учесть избежание буксования ведущих колес. Для этого тяговая сила на первой передаче должна быть меньше силы сцепления колес с дорогой:

$$\frac{M_{max} \cdot \eta_{тр} \cdot U_0 \cdot U_{k1}}{r_k} \geq G_{сц1} \cdot \varphi, \text{ или } U_{k1} \leq \frac{G_{сц1} \cdot \varphi \cdot r_k}{M_{max} \cdot \eta_{тр} \cdot U_0} \quad (16)$$

где $G_{сц1}$ – сцепной вес автомобиля, Н;

$\varphi = 0,8$ – коэффициент сцепления ведущих колес с дорогой (сухое асфальтированное шоссе в хорошем состоянии).

Передаточное число U_{k1} должно удовлетворять неравенствам (15) и (16).

Сцепной вес автомобиля $G_{сц}$ определяется по весу, приходящемуся на ведущие колеса, с учетом коэффициента перераспределения нагрузки по осям автомобиля при разгоне.

Для автомобиля с переднеприводной компоновкой:

$$G_{сц1} = m_1 \cdot G_1 \quad (17)$$

где G_1 – вес, приходящийся на переднюю ось автомобиля;

m_1 – коэффициент перераспределения нагрузки на передние колеса.»[2]

Зная, что в процентном соотношении вес распределяется 60%/40%, G_1 :

$$G_1 = 0,6 \cdot G_a = 0,6 \cdot 15548,85 = 9329,3 \text{ Н}$$

Рассчитав G_1 , определяется сцепной вес по формуле (17). В расчете примется $m_1 = 0,9$:

$$G_{сц1} = 0,9 \cdot 9329,3 = 8396,4 \text{ Н}$$

Теперь определяется передаточное число первой передачи в соответствии с неравенствами (15) и (16):

$$\frac{G_a \cdot \psi_{max} \cdot r_k}{M_{max} \cdot \eta_{тр} \cdot U_0} \leq U_{kI} \leq \frac{G_{сц1} \cdot \varphi \cdot r_k}{M_{max} \cdot \eta_{тр} \cdot U_0}, \quad (18)$$

$$\frac{15548,85 \cdot 0,3 \cdot 0,266}{158,485 \cdot 0,92 \cdot 3,7} \leq U_{kI} \leq \frac{8396,4 \cdot 0,8 \cdot 0,266}{158,485 \cdot 0,92 \cdot 3,7},$$

$$2,4 \leq U_{kI} \leq 3,61.$$

Из условия выбора передаточного числа U_{kI} принимается равным максимально получившемуся из неравенства, тогда:

$$U_{kI} = 3,61$$

Для 5-ступенчатой двухвальной коробки передач, определяются передаточные числа оставшихся передач, принимая в расчете значение коэффициента коррекции равным $\gamma = 1$:

- U_{kI} – передаточное число первой передачи;
- U_{kII} – передаточное число второй передачи;
- U_{kIII} – передаточное число третьей передачи;
- U_{kIV} – передаточное число четвертой передачи;
- U_{kV} – передаточное число пятой передачи;
- U_{k3X} – передаточное число задней передачи.

$$U_{kII} = \gamma \cdot \sqrt[3]{U_{kI}^2}, \quad (19)$$

$$U_{kII} = 1 \cdot \sqrt[3]{3,61^2} = 2,35,$$

$$U_{kIII} = \gamma \cdot \sqrt[3]{U_{kI}}, \quad (20)$$

$$U_{kIII} = 1 \cdot \sqrt[3]{3,61} = 1,53,$$

$$U_{kIV} = 0,941,$$

$$U_{kV} = 0,78,$$

$$U_{k3X} = 1,25 \cdot U_{kI}, \quad (21)$$

$$U_{k3X} = 1,2 \cdot 3,61 = 4,3.$$

После нахождения передаточных чисел по геометрической прогрессии должно выполняться условие:

$$\frac{U_{kI}}{U_{kII}} \geq \frac{U_{kII}}{U_{kIII}} \geq \frac{U_{kIII}}{U_{kIV}} \geq \frac{U_{kIV}}{U_{kV}}, \quad (22)$$

$$\frac{3,61}{2,35} \geq \frac{2,35}{1,53} \geq \frac{1,53}{0,941} \geq \frac{0,941}{0,78},$$

$$1,53 \geq 1,53 \geq 1,47 \geq 1,21.$$

Скорости автомобиля на разных передачах рассчитываются по формуле:

$$V = \frac{r_k \cdot \omega_e}{U_k \cdot U_o} \quad (23)$$

В таблице 2 представлены скорости автомобиля на разных передачах и при разной частоте вращения коленчатого вала двигателя.

Таблица 2 – расчеты разгона автомобиля

Частота вращения коленчатого вала, рад/с	Скорость автомобиля, м/с				
	I	II	III	IV	V
100	1,973	3,674	5,267	7,621	9,184
160	3,157	5,878	8,428	12,193	14,694
220	4,341	8,082	11,588	16,766	20,205
280	5,526	10,286	14,748	21,338	25,715
340	6,71	12,49	17,909	25,91	31,225
400	7,894	14,694	21,069	30,483	36,736
460	9,078	16,898	24,229	35,055	42,246
520	10,262	19,103	27,39	39,628	47,756
580	11,446	21,307	30,55	44,2	53,267
628	12,393	23,07	33,078	47,858	57,679

Разгон автомобиля – важный параметр, который характеризует его динамические свойства. Он зависит от множества факторов, таких как мощность двигателя, масса автомобиля, тип трансмиссии. Различные типы автомобилей имеют свои особенности разгона, что делает этот показатель важным критерием при проектировании автомобиля. Так же этот показатель зависит от качества дороги, погодных условий, типа поверхности и других факторов окружающей среды.

По данным рассчитанным в таблице два строятся графики разгона автомобиля, которые представлены на рисунке 12.

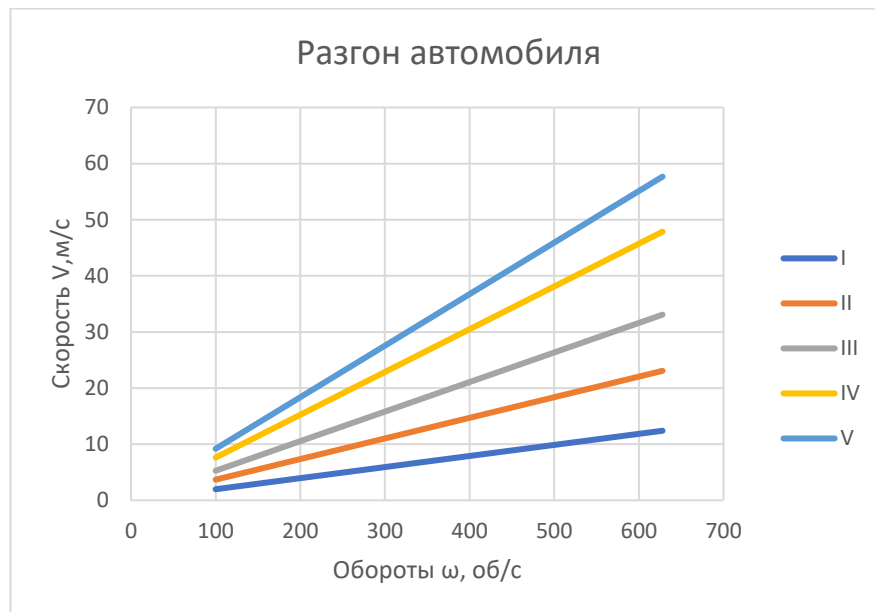


Рисунок 12 – Разгон автомобиля

Реальные передаточные числа, а следовательно и максимальные скорости могут отличаться от рассчитанных в проекте.

2.4 Анализ тяговой динамики

2.4.1 Тяговый баланс автомобиля

«Уравнение силового баланса:

$$F_T = F_d + F_B + F_{\text{и}} \quad (24)$$

где F_T – сила тяги на ведущих колесах;

F_d – сила дорожного сопротивления;

F_B – сила сопротивления воздуха;

$F_{\text{и}}$ – сила сопротивления разгону автомобиля.

Вначале строят тяговую характеристику автомобиля – зависимость силы тяги на ведущих колесах $F_{\text{т}}$ от скорости автомобиля V для каждой из передач в коробке передач. Силу тяги на разных передачах рассчитывают по формуле»[2]:

$$F_{\text{т}} = \frac{U_k \cdot U_o \cdot M_e \cdot \eta_{\text{тр}}}{r_k} \quad (25)$$

Рассчитанные силы тяги сводятся в таблицу 3.

Таблица 3 – расчеты силы тяги на каждой передаче

Частота вращения коленчатого вала, рад/с	Сила тяги на ведущих колесах, Н				
	I	II	III	IV	V
100	6765,35	3634,28	2534,68	1751,91	1453,71
160	7103,67	3816,02	2661,43	1839,52	1526,41
220	7311,41	3927,62	2739,26	1893,31	1571,05
280	7388,58	3969,07	2768,17	19133	1587,63
340	7335,16	3940,37	2748,16	1899,46	1576,15
400	7151,16	3841,53	2679,22	1851,82	1536,61
460	6836,58	3672,54	2561,36	1770,35	1469,02
520	6391,42	3433,41	2394,58	1655,08	1373,36
580	5815,87	3124,12	2178,88	1505,99	1249,65
628	5261,06	2826,19	1971,09	1362,37	1130,48

«Взаимодействие автомобиля и дороги сопровождается затратами энергии на подъем автомобиля при движении в гору и необратимыми затратами на деформацию шин и дороги. В связи с этим применяется понятие о силе сопротивления дороги $F_{\text{д}}$, равной сумме силы сопротивления подъему $F_{\text{п}}$ и силы сопротивлению качению $F_{\text{ф}}$ »[2]:

$$F_{\Pi} = G_a \cdot \sin \alpha_d, \quad (26)$$

где $\alpha_d = 0^\circ$ – крутизна подъема.

$$F_{\Pi} = 14450,13 \cdot 0 = 0 \text{ Н},$$

$$F_f = G_a \cdot \cos \alpha_d \cdot f, \quad (27)$$

$$F_f = 14450,13 \cdot 1 \cdot 0,027 = 325,1 \text{ Н},$$

$$F_d = F_{\Pi} + F_f \quad (28)$$

$$F_d = 0 + 325,1 = 325,1 \text{ Н}.$$

«При движении автомобиль преодолевает силу сопротивления воздуха F_B , которую определяют по формуле»[2]:

$$F_B = k \cdot F \cdot V^2, \quad (29)$$

Сила сопротивления воздуха при движении автомобиля на высшей передаче по формуле (29):

$$F_B = 0,207 \cdot 2 \cdot 9,184^2 = 36,48 \text{ Н}$$

Производятся расчеты силы сопротивления воздуха на всех оборотах высшей передачи и находятся значения суммарного сопротивления $F_d + F_B$. Расчеты представлены в таблице 4.

Таблица 4 – расчеты сопротивления воздуха на высшей передаче и суммарного сопротивления

Частота вращения коленчатого вала, рад/с	Сила сопротивления воздуха, Н	Суммарное сопротивление, Н
---	----------------------------------	-------------------------------

Продолжение таблицы 4

100	36,48	361,608
160	93,4	418,528
220	176,56	501,718
280	286,04	611,168
340	421,75	746,878
400	583,76	908,888
460	772	1097,13
520	986,51	1311,64
580	1227,34	1552,47
628	1438,87	1764

Сила сопротивления воздуха оказывает значительное влияние на характеристики автомобиля, включая расход топлива, максимальную скорость, управляемость и комфорт.

Расчет сопротивления воздуха на I, II, III, IV передачах представлен в таблице 5

Таблица 5 – расчеты сопротивления воздуха на I, II, III, IV передачах

Частота вращения коленчатого вала, рад/с	Сила сопротивления воздуха, Н			
	I	II	III	IV
100	1,54	5,33	10,95	22,93
160	3,93	13,64	28,04	58,68
220	7,44	25,78	53	110,96
280	12,05	41,76	85,85	179,72
340	17,77	61,58	126,6	1264,99
400	24,6	85,23	175,22	366,79
460	32,53	112,71	231,72	485,06
520	41,57	144,05	296,13	619,87
580	51,71	179,2	368,4	771,15
628	60,62	210,08	431,89	904,08

По данным таблиц 2, 3 и 4, строится график силового баланса.

2.4.2 Динамические характеристики автомобиля

«Динамическим фактором D автомобиля называют отношение разности силы тяги и силы сопротивления воздуха к весу автомобиля»[2]:

$$D = \frac{F_T - F_B}{G_a} \quad (30)$$

По формуле (30) рассчитывается динамический фактор на разных передачах и сводится в таблицу 6.

Таблица 6 – расчеты динамического фактора

	Динамический фактор				
Частота вращения коленчатого вала, рад/с	I	II	III	IV	V
100	0,4681	0,2511	0,1747	0,1197	0,0983
160	0,4913	0,2631	0,1822	0,1232	0,0997
220	0,5055	0,27	0,1859	0,1233	0,0976
280	0,5105	0,2718	0,1856	0,12	0,0918
340	0,5064	0,2684	0,1814	0,1131	0,0824
400	0,4932	0,2599	0,1733	0,1028	0,0695
460	0,4709	0,2464	0,1612	0,0889	0,0529
520	0,4394	0,2276	0,1452	0,0716	0,0327
580	0,3989	0,2038	0,1253	0,0509	0,009
628	0,3599	0,181	0,1065	0,0317	-

По рассчитанным данным из таблицы 6 строится динамическая характеристика.

2.5 Анализ динамики разгона

«Ускорение во время разгона определяется для случая движения автомобиля по горизонтальной дороге ($i = 0$) с твердым покрытием хорошего качества. Ускорение находят из выражения:

$$J = (D - f) \cdot \frac{g}{\delta_{вр}} \quad (31)$$

где $\delta_{вр}$ – коэффициент учета вращающихся масс, который рассчитывается по формуле:

$$\delta_{вр} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_k^2) \quad (32)$$

где δ_1 – коэффициент учета вращающихся масс колес;

δ_2 – коэффициент учета вращающихся масс двигателя: $\delta_1 = \delta_2 = 0,05$.»[2]

Коэффициент учета вращающихся масс для каждой передачи представлен в таблице 7.

Таблица 7 – расчеты значения учета вращающихся масс для каждой передачи

Коэффициент учета вращающихся масс				
I	II	III	IV	V
1,70885	1,24013	1,14248	1,09418	1,08042

Используя значения таблиц 6 и 7, рассчитываются ускорения на разных передачах. Их значения представлены в таблице 8.

Таблица 8 – расчеты ускорений

	Ускорение, м/с ²
--	-----------------------------

Продолжение таблицы 8

Частота вращения коленчатого вала, рад/с	I	II	III	IV	V
100	2,558	1,808	1,307	0,871	0,688
160	2,691	1,903	1,371	0,903	0,701
220	2,773	1,958	1,403	0,904	0,682
280	2,801	1,972	1,4	0,874	0,629
340	2,778	1,945	1,364	0,812	0,544
400	2,702	1,878	1,295	0,72	0,427
460	2,574	1,771	1,191	0,595	0,276
520	2,393	1,622	1,054	0,44	0,093
580	2,161	1,434	0,883	0,255	-
628	1,937	1,254	0,721	0,082	-

По данным таблицы 8 строится график зависимости $J = f(V)$.

Определяются значения обратных ускорений по формуле:

$$J_{\text{обр}} = \frac{1}{J} \quad (33)$$

Рассчитываются значения обратных ускорений для каждой передачи и сводятся в таблицу 9.

Таблица 9 – расчеты значений обратных ускорений

Частота вращения коленчатого вала, рад/с	Обратное ускорение				
	I	II	III	IV	V
100	0,39093	0,5531	0,76511	1,14811	1,45349
160	0,37161	0,52549	0,72939	1,10742	1,42653
220	0,36062	0,51073	0,71276	1,10619	1,46628
280	0,35702	0,5071	0,71429	1,14416	1,58983
340	0,35997	0,51414	0,73314	1,23153	1,83824
400	0,3701	0,53248	0,7722	1,38889	2,34192
460	0,3885	0,56465	0,83963	1,68067	3,62319
520	0,41789	0,61652	0,94877	2,27273	10,7527

Продолжение таблицы 9

580	0,46275	0,69735	1,1325	3,92157	-
628	0,51626	0,79745	1,38696	12,1951	-

По данным таблицы 9 строится график обратных ускорений $J_{обр} = f(V)$, представленный на рисунке 13.

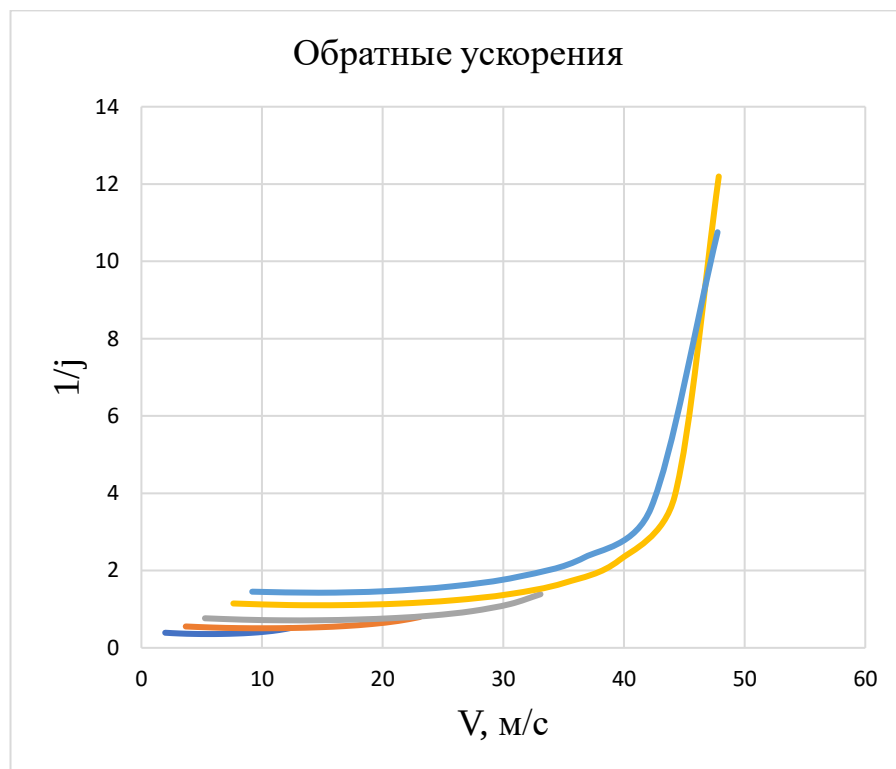


Рисунок 13 - График зависимости обратных ускорений от скорости

«График обратных ускорений используют для определения зависимости времени разгона от скорости движения автомобиля. Время разгона в определенном интервале скоростей пропорционально величине площади, лежащей под кривой $(1/J)$ и ограниченной линиями выбранных скоростей. Такая площадь равна интегралу:

$$\Delta t = \int_{V_{n-1}}^{V_n} \frac{1}{J} \cdot dV \quad (34)$$

Время и путь разгона автомобиля определяется графоаналитическим способом. Заменяется интегрирование в формуле (34) на сумму конечных величин:

$$\Delta t = \int_{V_{n-1}}^{V_n} \frac{1}{J} \cdot dV \approx \left(\frac{1}{J_{cp}} \right)_n \cdot (V_n - V_{n-1}) \quad (35)$$

Разбивается кривая обратных ускорений на интервалы, принимая, что в каждом интервале автомобиль разгоняется с постоянным ускорением $J = \text{const}$, которому соответствуют значения $\left(\frac{1}{J_{cp}} \right)_n = \text{const}$. Эти величины определяются»[2]:

$$\left(\frac{1}{J_{cp}} \right)_n = \frac{\left(\frac{1}{J} \right)_{n-1} + \left(\frac{1}{J} \right)_n}{2} \quad (36)$$

Разбивая график обратных ускорений на рисунке 10 на 8 участков, снимаются значения обратных ускорений и рассчитываются по формуле (36) средние значения обратных ускорений. Полученные данные сводятся в таблицу 10.

Таблица 10 – расчеты средних обратных ускорений

№ п/п	Скорость, м/с	Обратное ускорение	Среднее обратное ускорение
0	0	0	0

Продолжение таблицы 10

1	6	0,53	0,265
2	12	0,51	0,52
3	18	0,73	0,62
4	24	0,82	0,775
5	30	1,38	1,1
6	36	1,69	1,535
7	42	3,62	2,655
8	48	12,19	7,905
9	57,7	-	-

По формуле (35) рассчитывается время разгона автомобиля, при условии что $t_i = \Delta t_i$; $t_2 = \Delta t_1 + \Delta t_2$, и так далее:

$$t_1 = \Delta t_1 = \left(\frac{1}{J_{\text{ср}}} \right)_1 \cdot (V_1 - V_0) = 0,265 \cdot (6 - 0) = 1,59 \text{ с}$$

Значения времени разгона полученные на всех скоростях сводятся в таблицу 11. По данным из таблицы 11 строится график времени разгона.

Таблица 11 – расчеты времени разгона автомобиля

№ п/п	Скорость, м/с	Обратное ускорение	Среднее обратное ускорение	Время разгона автомобиля, с
0	0	0	0	0
1	6	0,53	0,265	1,59
2	12	0,51	0,52	4,71
3	18	0,73	0,62	8,43
4	24	0,82	0,775	13,08
5	30	1,38	1,1	19,68
6	36	1,69	1,535	28,89
7	42	3,62	2,655	44,82
8	48	12,19	7,905	92,25
9	57,7	-	-	-

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

График времени разгона разбивается на интервалы по времени, для каждого из которых находятся соответствующие значения V_{cpk} »[2].

Путь автомобиля рассчитывается по формуле площади элементарного прямоугольника:

$$\Delta S = S = (V_k - V_{k-1}) \cdot (t_k - t_{k-1}) = V_{cpk} \cdot \Delta t_k \quad (37)$$

Рассчитанные данные сводятся в таблицу 12.

«По результатам расчета времени и пути разгона автомобиля строим график интенсивности разгона $t = f(S)$ »[2].

Таблица 12 – расчеты пути разгона автомобиля

№ п/п	Время разгона автомобиля, с	Скорость, м/с	Скорость средняя, м/с	Путь разгона автомобиля, м
0	0	0	0	0
1	1,59	6	3	4,77
2	4,71	12	9	28,08
3	8,43	18	15	55,8
4	13,08	24	21	97,65
5	19,68	30	27	178,2
6	28,89	36	33	303,93
7	44,82	42	39	621,27
8	92,25	48	45	2134,85
9	-	57,7	-	-

График интенсивности разгона представлен на рисунке 14.

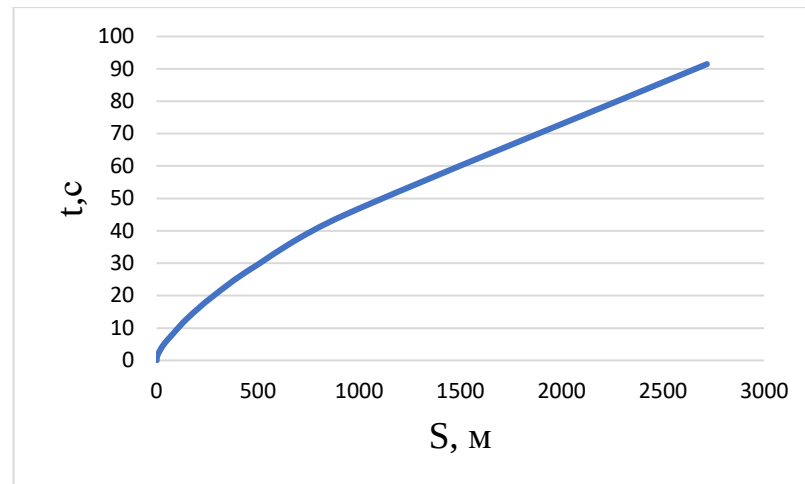


Рисунок 14 – интенсивность разгона автомобиля

«Интенсивность разгона автомобиля — это характеристика, отражающая, насколько быстро автомобиль способен увеличивать свою скорость. Эта величина важна для оценки динамики автомобиля и его способности реагировать на изменение дорожных условий.»[18]

2.6 Мощностной баланс автомобиля

«Записывается уравнение мощностного баланса:

$$N_T = N_f + N_{\Pi} + N_B + N_{\text{и}} \quad (38)$$

где N_T — тяговая мощность, или мощность, подводимая к ведущим колесам;

N_f — мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления качению колес;

N_{Π} — мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления подъему;

N_B – мощность, затраченная на преодоление силы сопротивления воздуха;

$N_{\text{и}}$ – мощность, затраченная на преодоление силы инерции автомобиля;

N_d – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления дороги.

При равномерном движении автомобиля мощность N_T расходуется только на преодоление сопротивления дороги и воздуха»[2].

Таким образом, формула (38) примет вид:

$$N_T = N_d + N_B \quad (39)$$

Т.к. $F_{\text{п}} = 0$ то мощность N_d складывается только из мощности, затрачиваемой на преодоление сил сопротивления качению колес.

$$N_d = F_d \cdot V, \quad (40)$$

$$N_B = F_B \cdot V \quad (41)$$

Данные рассчитанные по формулам (39), (40) и (41) заносятся в таблицу 13.

Таблица 13 – расчеты значения мощностей N_d , N_B и их суммы

Частота вращения коленчатого вала, рад/с	Мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления дороги, кВт	Мощность, затраченная на преодоление силы сопротивления воздуха, кВт	$N_d + N_B$, кВт
100	2,98597	0,30574	3,29171
160	4,77743	1,25237	6,0298
220	6,56921	3,25583	9,82504

Продолжение таблицы 13

280	8,36066	6,71213	15,0728
340	10,1521	12,0173	22,1694
400	11,9439	19,5693	31,5132
460	13,7354	29,7615	43,4968
520	15,5268	42,9914	58,5182
580	17,3186	59,6585	76,9771
628	18,7518	75,7284	94,4802

Рассчитывается мощность, подводимая к ведущим колесам N_T , с использованием данных N_e из таблицы (1):

$$N_T = N_e \cdot \eta_{тр} \quad (42)$$

Данные рассчитанные по формуле (42) сводятся в таблицу 14.

Таблица 14 – расчеты значения мощности на ведущих колесах

Частота вращения коленчатого вала, рад/с	Мощность, подводимая к ведущим колесам, кВт
100	13,351
160	22,429
220	31,742
280	40,836
340	49,216
400	56,449
460	62,06
520	65,587
580	66,565
628	65,2

По данным таблицы 13 и 14 строятся графики мощностного баланса.

Для анализа мощностного баланса рассчитывается степень использования мощности двигателя И. При равномерном движении степень И рассчитывается по формуле:

$$И = \frac{(N_d + N_b)}{N_T} \quad (43)$$

Значения степени использования мощности двигателя сводятся в таблицу 15.

Таблица 15. Значения степени использования мощности

Частота вращения коленчатого вала, рад/с	100	160	220	280	340	400	460	520	580	628
Степень использования мощности двигателя	0,25	0,27	0,31	0,37	0,46	0,56	0,7	0,9	1,11	1,5

И – это отношение мощности, необходимой для движения автомобиля, к мощности на ведущих колесах.

2.7 Расчет топливно-экономической характеристики

«Для получения топливно-экономической характеристики следует рассчитать расход топлива при движении автомобиля на высшей передаче по горизонтальной дороге с заданными постоянными скоростями.

Путевой расход топлива в литрах на 100 км пути рассчитывается по следующей формуле:

$$q_{\pi} = \frac{k_{ск} \cdot k_{и} \cdot (F_d + F_b) \cdot g_{e\ min} \cdot 1,1}{36000 \cdot \rho_T \cdot \eta_{тр}} \quad (44)$$

где $k_{ск}$ и $k_{и}$ – коэффициенты, учитывающие соответственно изменения величины эффективного расхода топлива в зависимости от ω_e и И двигателя;

$g_{e\min} = 340 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч}$ – минимальный удельный эффективный расход топлива для бензиновых двигателей;

$\rho_T = 0,73 \text{ кг/л}$ – плотность бензинового топлива.

Коэффициенты $k_{\text{ск}}$ и $k_{\text{и}}$ определяются по графикам на рисунке 15, на котором приведены примерные значения $k_{\text{и}}$: штриховая линия характеризует изменение коэффициента для бензиновых двигателей, а сплошная – для дизелей. Кривая $k_{\text{ск}}$ относится к двигателям обоих типов.

Коэффициент $k_{\text{и}}$ определяется по значениям степени использования мощности двигателя I из таблицы 15, а $k_{\text{ск}}$ – по отношению угловых скоростей $\frac{\omega_e}{\omega_N}$ [2].

Расчет значений коэффициентов $k_{\text{ск}}$ и $k_{\text{и}}$, путевого расхода топлива $q_{\text{п}}$ сводится в таблицу 16.

По данным рассчитанным в таблице 16 строится график расхода топлива $q_{\text{п}} = f(V)$.

«Показателем топливной экономичности автомобиля служит минимальный путевой расход топлива, соответствующий скорости при испытаниях автомобиля с полной нагрузкой на горизонтальном участке дороги с твердым покрытием. Указываемый в технических характеристиках автомобилей контрольный расход практически мало отличается от минимального расхода топлива» [2].

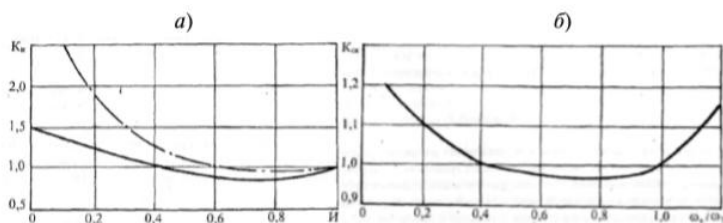


Рисунок 15 – графики к расчету топливно-экономической характеристики:

а – изменение коэффициента $k_{\text{и}}$; б – изменение коэффициента $k_{\text{ск}}$

Таблица 16 – расчет значений найденных коэффициентов $k_{ск}$ и $k_{и}$, путевого расхода топлива $q_{п}$

Частота вращения коленчатого вала, рад/с	Скорость автомобиля, м/с	Степень использования мощности двигателя	$k_{и}$	ω_e/ω_N	$k_{ск}$	Путевой расход топлива, л/100км
100	6,944	0,2466	1,7	0,17516	1,13	10,6506
160	11,111	0,2688	1,65	0,28025	1,06	11,1023
220	14,583	0,3095	1,5	0,38535	1,02	11,5087
280	18,055	0,3692	1,35	0,49045	0,99	12,1181
340	21,527	0,4505	1,2	0,59554	0,97	12,7839
400	24,999	0,5583	1,1	0,70064	0,96	14,0127
460	28,472	0,7009	0,95	0,80573	0,97	14,6766
520	31,944	0,8922	0,95	0,91083	0,97	17,4669
580	35,416	1,1564	1,1	1,01592	1,01	24,8357
628	38,888	1,4491	1,15	1,1	1,07	31,1812

«Переход на дизельные двигатели, применение инжекторных двигателей с электронной системой зажигания позволяют существенно снизить расход топлива. Системная работа по улучшению формы кузова, уменьшению размеров его поперечного сечения, по подбору оптимальных передаточных чисел транс миссии, установке шин с малым коэффициентом сопротивления качению дает положительный эффект и расход топлива автомобилем снижается.»[8]

Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля был выполнен при поддержке программы Microsoft Excel.

3 Конструкторская часть

3.1 Расчет неподрессоренных масс автомобиля

«Неподрессоренная масса — понятие, применимое к наземным средствам передвижения, имеющим подвеску, которое обозначает массу, включающую массу колёс и остальных частей конструкции, отделённых подвеской от рамы либо кузова.»[13]

«Неподрессоренная масса оказывает большое влияние на плавность хода. Чем она меньше подрессоренной массы, тем плавнее идет автомобиль. Это определяется отношением подрессоренной и неподрессоренной массы автомобиля.»[20]

«Большая величина отношения подрессоренных и неподрессоренных масс оказывает влияние не только на плавность хода, но и на способность автомобиля держать дорогу.»[1]

Подрессоренные и неподрессоренные массы показаны на рисунке 16.



Рисунок 16 – подрессоренные и неподрессоренные

Неподрессоренная масса детали на ось автомобиля рассчитывается по формуле:

$$m_n = m_d \cdot i \cdot n \quad (45)$$

где m_d – масса детали;

i – передаточное отношение неподрессоренной массы детали;

n – количество данной детали приходящееся на ось.

Соответственно общая неподрессоренная масса задней подвески высчитывается из суммы неподрессоренных масс заднего ступичного узла M_1 , рычагов задней подвески с пружиной и амортизатором в сборе M_2 и колесом в сборе M_3 .

Расчет неподрессоренной массы заднего ступичного узла представлен в таблице 17

Таблица 17 – расчет неподрессоренной массы заднего ступичного узла

Деталь	Масса детали, кг	Количество данной детали приходящееся на ось	Передаточное отношение неподрессоренной массы детали	Неподрессоренная масса детали на ось, кг
Задний ступичный узел				
Ступица задней оси	1,29	2	1	2,58
Датчик АБС	0,04	2		0,08
Подшипник ступицы заднего колеса	0,41	2		0,82
Кольцо стопорное	0,01	2		0,02
Колпачек ступицы	0,05	2		0,1
Барабан тормозной	2,42	2		4,85
Тормозные трубки	0,73	1		0,73
Задний тормоз в сборе	3,42	2		6,84
Болт крепления задней оси	0,09	8		0,72
Сумма M_1	-	-	-	16,7

Расчет неподрессоренной массы рычагов задней подвески с пружиной и амортизатором в сборе представлен в таблице 18.

Таблица 18 – расчет неподрессоренной массы рычагов задней подвески с пружиной и амортизатором в сборе

Деталь	Масса детали, кг	Количество данной детали приходящееся на ось	Передаточное отношение неподрессоренной массы детали	Неподрессоренная масса детали на ось, кг
Рычаги задней подвески с пружиной и амортизатором в сборе				
Торсионная балка с рычагами в сборе	16,2	1	0,61	9,88
Амортизатор задней подвески	1,98	2	1	3,96
Крепления амортизатора	0,1	2	1	0,2
Пружина задней подвески	3,1	2	0,5	3,1
Прокладка пружины	0,11	2	1	0,2
Сумма M_2	-	-	-	17,4

Расчет неподрессоренной массы колеса в сборе представлен в таблице 19.

Таблица 19 – расчет неподрессоренной массы колеса в сборе

Деталь	Масса детали, кг	Количество данной детали приходящееся на ось	Передаточное отношение неподрессоренной массы детали	Неподрессоренная масса детали на ось, кг
Колесо в сборе				
Колесо в сборе 185/60R14	14,6	2	1	29,2
Сумма	-	-	-	29,2

Общая неподрессоренная масса задней подвески автомобиля:

$$M_{\text{общ}} = M_1 + M_2 + M_3, \quad (45)$$

$$M_{\text{общ}} = 16,7 + 17,4 + 29,2 = 63,3 \text{ кг.}$$

Таким образом, неподрессоренная масса задней подвески автомобиля LADA Granta составляет 63,3 кг.

Задняя подвеска автомобиля LADA Granta представлена на рисунке 17

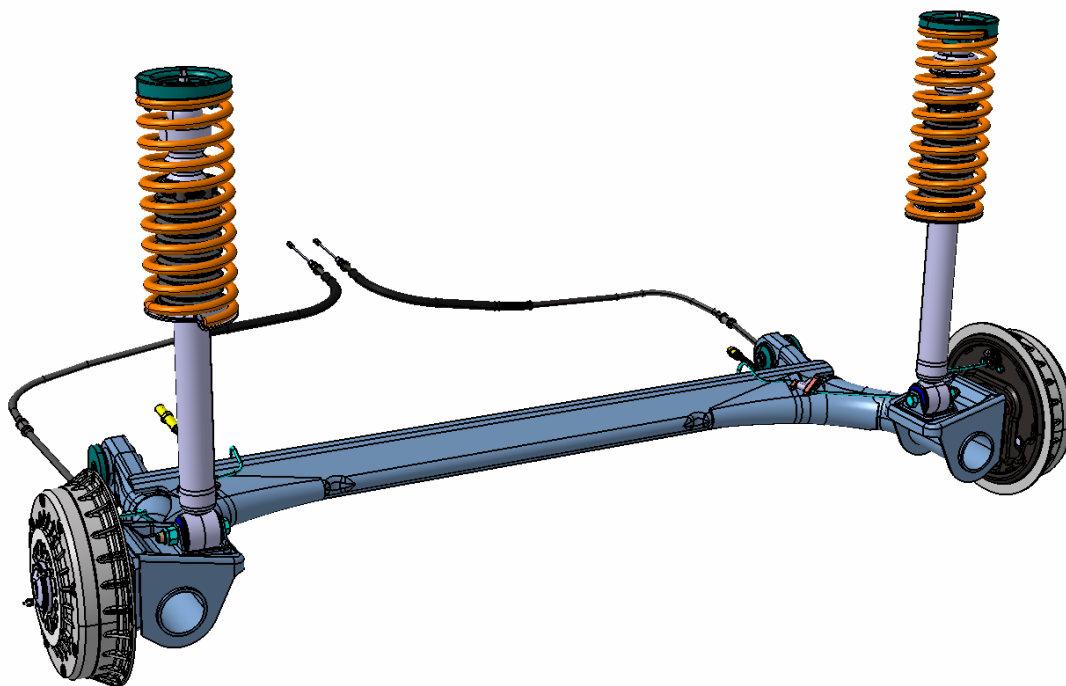


Рисунок 17 – задняя подвеска автомобиля LADA Granta

Данные передаточного отношения неподрессоренных масс были взяты с АО «АВТОВАЗ» во время преддипломной практики.

3.2 Прочностной анализ болтов крепления задней оси

Ось ступицы заднего колеса крепится к фланцу рычага задней подвески четырьмя болтами M10x1,25 8,8 класса прочности.

Поскольку узел модернизируется с расчетом на то что в будущем автомобиль может быть утяжелен на 70 кг, необходимо рассчитать

разрушающую нагрузку в болтах крепления задней оси. На рисунке 18 представлена схема нагрузок в оси и болтах от силы реакции опоры на колесо

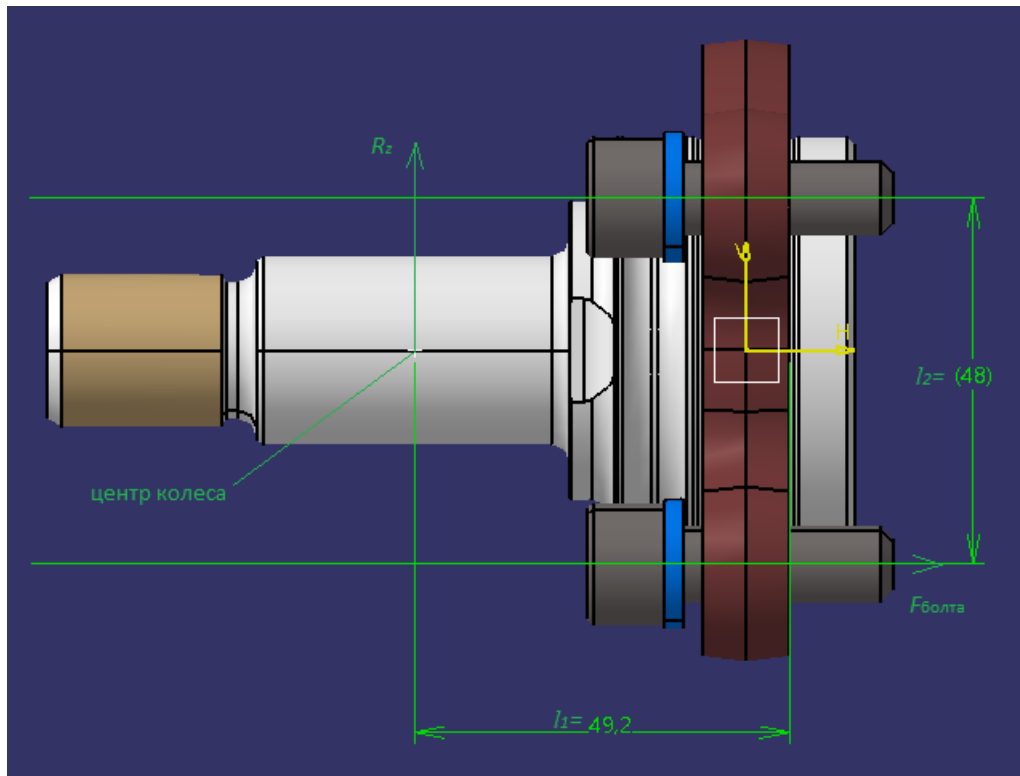


Рисунок 18 – схема нагрузок в оси и болтах от силы реакции опоры на колесо

Сила реакции болта на действие силы растяжения:

$$F_{\text{болта}} = \frac{\left(R_z \cdot 4 \cdot \frac{l_1}{l_2}\right)}{1,5} \quad (46)$$

где $R_z = 3460$ Н – сила реакции опоры на заднее колесо;

$l_1 = 0,0492$ м – плече силы реакции опоры;

$l_2 = 0,048$ м – межосевое расстояние между болтами в вертикальной плоскости.

$$F_{\text{болта}} = \frac{\left(3460 \cdot 4 \cdot \frac{0,0492}{0,048}\right)}{1,5} = 9457,3 \text{ Н}$$

«Минимальная разрушающая нагрузка для болта М10х1,25 8,8 класса прочности равна 49000 Н.»[3]

Продольная сила действующая на болты гораздо меньше минимально допустимой разрушающей нагрузки. Из расчета можно сделать вывод что болты были введены в конструкцию с очень большим запасом.

3.3 Расчет параметров для испытаний циклической долговечности задней оси и её крепления

Испытания циклической долговечности оси ступицы, ступицы и болтов крепления оси проходят на специальном испытательном стенде, схема которого изображена на рисунке 19.

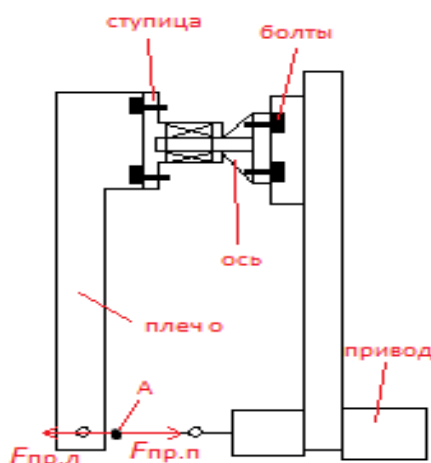


Рисунок 19 – схема стенда для испытаний циклической долговечности оси ступицы и её окружения

Циклическая долговечность вычисляется путем приложения сил проскальзывания действующих в пятне контакта колеса с дорогой (точка А) при повороте, на левое $F_{пр.л}$ и правое $F_{пр.п}$.

Все параметры вычисляются при проскальзывании 0,7g.

Реакция задней оси на проскальзывание:

$$R_{\text{пр.полн.у}} = R_z \cdot 2 \cdot 0,7, \quad (47)$$

$$R_{\text{пр.полн.у}} = 3460 \cdot 2 \cdot 0,7 = 4844 \text{ Н.}$$

Нагрузка на правое колесо:

$$F_{\text{п}} = R_z + \frac{R_{\text{пр.полн.у}} \cdot h}{L_{\text{зад}}} \quad (48)$$

где $h = 0,562$ м – высота центра тяжести автомобиля;

$L_{\text{зад}} = 1,448$ м – задняя колея автомобиля.

$$F_{\text{п}} = 3460 + \frac{4844 \cdot 0,562}{1,448} = 5340 \text{ Н}$$

Нагрузка на левое колесо:

$$F_{\text{л}} = R_z - \frac{R_{\text{пр.полн.у}} \cdot h}{L_{\text{зад}}}, \quad (49)$$

$$F_{\text{л}} = 3460 - \frac{4844 \cdot 0,562}{1,448} = 1580 \text{ Н}$$

Сила проскальзывания левого колеса в точке А:

$$F_{\text{пр.п}} = R_{\text{пр.полн.у}} \cdot \frac{F_{\text{п}}}{F_{\text{п}} + F_{\text{л}}}, \quad (50)$$

$$F_{\text{пр.п}} = 4844 \cdot \frac{5340}{5340 + 1580} = 3738 \text{ Н.}$$

Сила проскальзывания правого колеса в точке А:

$$F_{\text{пр.л}} = R_{\text{пр.полн.у}} \cdot \frac{F_{\text{л}}}{F_{\text{п}} + F_{\text{л}}}, \quad (51)$$

$$F_{\text{пр.л}} = 4844 \cdot \frac{1580}{5340 + 1580} = 1106 \text{ Н.}$$

На стенде идет моделирование поворота направо. Испытания проводятся на 5 образцах по 125000 циклов.

На АО «АВТОВАЗ», где проходила практика, специальное бюро расчетов проводит расчет сил и прочностной анализ разработанных деталей. Разумеется, эти расчеты проверяются при испытаниях на испытательных стендах и готовых прототипах автомобилей.

Для дипломного проекта прочностной расчет оси и ступицы заднего колеса LADA Granta не проводился, так как они имеют один и тот же материал, геометрию рабочей части и практически схожую конфигурацию с осью и ступицей устанавливаемых на автомобиль LADA Vesta, масса и динамические параметры которого значительно выше. На рисунке 20 изображена ось ступицы заднего колеса LADA Vesta.

Был произведен расчет неподрессоренной массы приходящейся на заднюю ось автомобиля.

Был произведен анализ годности базовых болтов крепления оси ступицы заднего колеса так как масса автомобиля модернизируемого узла в дальнейшей перспективе может быть увеличена, а на более тяжелом автомобиле LADA Vesta установлены другие болты более высокого класса

прочности. Анализ показал, что болты соответствуют требованиям минимальных разрушающих нагрузок.

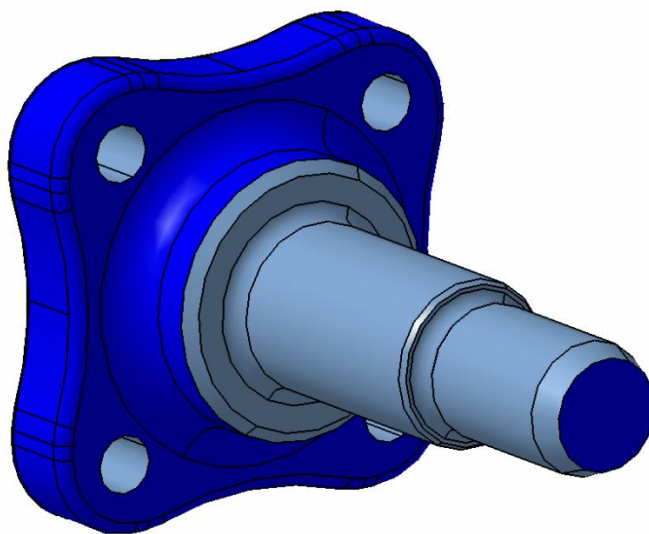


Рисунок 20 – ось ступицы заднего колеса LADA Vesta

Были рассчитаны параметры для испытаний циклической долговечности задней оси и её крепления. При таком испытании узнается долговечность не только оси, но и болтов ее крепления, а также ступицы и другого окружения.

4 Технологическая часть

4.1 Введение в технологическую часть

Техпроцесс сборки автомобиля — это сложная последовательность операций, выполняемых на производственных линиях автозаводов, начиная от получения сырья и заканчивая выпуском готового продукта.

Автомобиль LADA Granta является самым массовым автомобилем выпускаемым на АО «АВТОВАЗ» (около 200 тысяч автомобилей в год).

Автомобиль, все его нынешние и последующие модификации производится методом поточного производства.

«Поточным называется производство, при котором заготовки, детали или сборочные единицы, пройдя определенную операцию, непосредственно передаются на последующую операцию. Продолжительность операции равна или кратна такту выпуска. При этом оборудование расставляется по ходу технологического процесса. В результате заготовки, изготавливаемые детали и собираемые сборочные единицы находятся в движении (постоянном «потоке»), скорость которого определяется тактом выпуска готового изделия.»[14]

Задняя подвеска со всеми ее элементами производится в подразделении АО «АВТОВАЗ» под названием «Производство шасси».

4.2 Расчет параметров технологической части

«Исходным моментом при проектировании поточного производства является определение объема выпуска продукции и такта.

Такт выпуска - это интервал времени, через который периодически производится выпуск изделий или заготовок определенных наименований, типоразмеров и исполнений» [9]:

$$\tau = \frac{\Phi}{\Pi} \quad (52)$$

где $\Phi = 236640$ мин – действительный фонд рабочего времени оборудования на календарную единицу времени, за год;

$\Pi = 230000$ шт - производственная программа по данному изделию на ту же календарную единицу времени.

$$\tau = \frac{236640}{230000} = 1,03 \text{ мин}$$

В таблице 20 приведен перечень работ по сборке ступицы задней оси в сборе.

Таблица 20 – перечень работ по сборке ступицы задней оси в сборе

№	Содержание операции	Оборудование	Норма времени, мин
Ступица задней оси в сборе			
1	Произвести распаковку подшипника ступицы заднего колеса	Стол рабочий	0,06
2	Осмотреть подшипник на наличие дефектов		0,06
3	Установить в приспособление прессы ступицу задней оси. Установить на ступицу кольцо грязезащитное ступицы заднего колеса и подшипник. Запрессовать одновременно, до упора, кольцо грязезащитное и подшипник	Пресс гидравлический с двуручным управлением	0,43
4	Установить кольцо стопорное в канавку ступицы. Проверить калибром правильность установки кольца стопорного.	Клещи для стопорного кольца. Пробка для контроля	0,34
В сумме $t_{оп}$			0,89

В таблице 21 приведен перечень работ по сборке ступицы задней оси с тормозным барабаном в сборе.

Таблица 21 – перечень работ по сборке ступицы задней оси с тормозным барабаном в сборе

№	Содержание операции	Оборудование	Норма времени, мин
Ступица задней оси с тормозным барабаном в сборе			
1	Установить в оснастку стола ступицу задней оси в сборе. Нанести тонким слоем смазку на поверхность Б. Установить на ступицу ротор заднего колеса и нанести тонким слоем смазку на поверхности А и В. Установить на ступицу барабан тормозной. Наживить и завернуть в ступицу два штифта направляющих колеса. Снять собранный узел, проверить визуально наличие кольца стопорного	Стол с оснасткой	1
В сумме $t_{оп}$			1

В таблице 22 приведен перечень работ по сборке тормоза задней оси с осью в сборе левого/правого.

Таблица 22 – перечень работ по сборке тормоза задней оси с осью в сборе левого/правого

№	Содержание операции	Оборудование	Норма времени, мин
Тормоз задней оси с осью в сборе левый/правый			
1	Установить в приспособление ось ступицы задней оси. Установить на ось тормоз задний левый/правый в сборе. Наживить и завернуть винт М6х10, предварительно подсобранный с шайбой. (Допускается завинчивать винт в любое из двух крепежных отверстий). Снять собранный узел с приспособления и уложить на накопитель.	Стол с оснасткой	0,41
В сумме $t_{оп}$			0,41

В таблице 23 приведен перечень работ по сборке рычагов задней подвески с тормозами в сборе.

Таблица 23 – перечень работ по сборке рычагов задней подвески с тормозами в сборе

№	Содержание операции	Оборудование	Норма времени, мин
Рычаги задней подвески с тормозами в сборе			
1	Установить на спутник линии рычаги задней подвески в сборе.	Автоматическая сборочная линия	0,4
2	Установить на рычаги с двух сторон Тормоз задней оси с осью в сборе левый/правый. Завернуть болтами 4+4, предварительно подсобранными с шайбами.		0,53
3	Загрузить на транспорт двух противоположных накопителей ступицу задней оси с тормозным барабаном в сборе. Установить на тормоза с осью ступицу задней оси с барабаном в сборе 1+1.		0,59
4	Подать и завернуть ступичную гайку 1+1.		
5	Подать и запрессовать с двух сторон 1+1 сайленблок, смазанный предварительно перед запрессовкой маслом.		0,48
6	Снять со спутника собранный узел и перенести на специальный конвейер-накопитель.		0,59
7	Проверить легкость вращения тормозного барабана (выполняется на 100%).		1,18
8	Установить колпаки 1+1 в узлы запрессовки на магнит. Подвести узлы запрессовки к рычагам задней подвески с тормозами в сборе. Выставить и прижать со стороны ступицы узлы запрессовки к рычагу задней подвески. Запрессовать колпак с помощью узлов запрессовки в ступицу. Отвести узлы запрессовки. Снять вручную годный узел со сборочной линии. Уложить на подвеску конвейера и закрепить двумя цепями годный узел.		0,54
	В сумме $t_{оп}$		4,31

Общее время по сборке рычагов задней подвески с тормозами в сборе:

$$t_{общ} = \sum t_{оп}, \quad (53)$$

$$t_{общ} = 0,89 + 1 + 0,41 + 4,31 = 6,61 \text{ мин.}$$

Суммарная трудоемкость сборки рычагов задней подвески с тормозами в сборе:

$$t_{шт}^{общ} = t_{общ} + t_{общ} \cdot \frac{(\alpha + \beta)}{100} \quad (54)$$

где $\alpha = 2\%$ – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах;

$\beta = 4\%$ – часть оперативного времени на перерывы для отдыха в процентах.

$$t_{шт}^{общ} = 6,61 + 6,61 \cdot \frac{(2 + 4)}{100} = 7,01 \text{ мин}$$

Таким образом суммарная трудоемкость работ составляет 7,01 мин.

В графическом формате составляется технологическая карта сборки рычагов задней подвески с тормозами в сборе.

В таблице 24 представлена технологическая карта сборки рычагов задней подвески с тормозами в сборе.

Таблица 24 – технологическая карта сборки рычагов задней подвески с тормозами в сборе

Наименование операции	Номер и содержание операций	Оборудование	Время, мин
Узловая сборка ступицы задней оси в сборе	05. Произвести распаковку подшипника ступицы заднего колеса. Осмотреть подшипник на наличие дефектов 10. Установить в приспособление прессы ступицу задней оси. 15. Установить на ступицу кольцо грязезащитное ступицы заднего колеса и подшипник. Запрессовать одновременно, до упора, кольцо грязезащитное и подшипник. 20. Установить кольцо стопорное в канавку ступицы. Проверить калибром правильность установки кольца стопорного.	Стол рабочий. Пресс гидравлический с двухручным управлением. Клещи для стопорного кольца. Пробка для контроля.	0,89

Продолжение таблицы 24

Узловая сборка ступицы задней оси с тормозным барабаном в сборе	0010. Установить в оснастку стола ступицу задней оси в сборе. 0015. Нанести тонким слоем смазку на поверхность Б. Установить на ступицу ротор заднего колеса и нанести тонким слоем смазку на поверхности А и В. 0020. Установить на ступицу барабан тормозной. 0025. Наживить и завернуть в ступицу два штифта направляющих колеса. 0030. Снять собранный узел, проверить визуально наличие кольца стопорного.	Стол оснасткой	с	1
Узловая сборка тормоза задней оси с осью в сборе левого/правого	0010. Установить в приспособление ось ступицы задней оси. 0015. Установить на ось тормоз задний левый/правый в сборе. 0020. Наживить и завернуть винт М6х10, предварительно подсобранный с шайбой. (Допускается заворачивать винт в любое из двух крепежных отверстий). 0025. Снять собранный узел с приспособления и уложить на накопитель.	Стол оснасткой	с	0,41
Общая сборка рычагов задней подвески с тормозами в сборе	0010. Установить на спутник линии рычаги задней подвески в сборе. 0015. Установить на рычаги с двух сторон Тормоз задней оси с осью в сборе левый/правый. Завернуть болтами 4+4, предварительно подсобранными с шайбами. 0020. Загрузить на транспорт двух противоположных накопителей ступицу задней оси с тормозным барабаном в сборе. Установить на тормоза с осью ступицу задней оси с барабаном в сборе 1+1. 0025. Подать и завернуть ступичную гайку 1+1. 0030. Подать и запрессовать с двух сторон 1+1 шарнир крепления рычага задней подвески, смазанный предварительно перед запрессовкой маслом. 0035. Снять со спутника собранный узел и перенести на специальный конвейер-накопитель. 0040. Проверить легкость вращения тормозного барабана (выполняется на 100%). 0045. Установить колпаки 1+1 в узлы запрессовки на магнит. Подвести узлы запрессовки к рычагам задней подвески с тормозами в сборе. Выставить и прижать со стороны ступицы узлы запрессовки к рычагу задней подвески. Запрессовать колпак с помощью узлов запрессовки в ступицу. Отвести узлы запрессовки. 0050. Снять вручную годный узел со сборочной линии. Уложить на подвеску конвейера и закрепить двумя цепями годный узел.	Автоматическая сборочная линия		4,31

Данные для выполнения технологической части были частично взяты с предприятия АО «АВТОВАЗ» во время преддипломной практики.

5 Безопасность и экологичность проекта

5.1 Введение в безопасность и экологичность

На автомобильном заводе важно обеспечить безопасность сотрудников, работающих на производственных линиях, складах и в административных помещениях.

«Экологические проблемы, связанные с деятельностью автомобильных заводов, касаются выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, потребления природных ресурсов и утилизации отходов.»

Безопасность и экологичность являются важными аспектами деятельности любого современного автомобильного завода. Они способствуют созданию благоприятных условий труда, сохранению здоровья работников и уменьшению негативного влияния производства на природу.

5.2 Опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте и средства борьбы с ними

«Опасным производственным фактором (ОПФ) называют производственный фактор, воздействие которого на человека приводит к травме или летальному (смертельному) исходу. В связи с этим ОПФ называют также травмирующим (травмоопасным) фактором. К ОПФ можно отнести движущие машины и механизмы, различные подъемно-транспортные устройства перемещаемые грузы, электрический ток, отлетающие частицы обрабатываемого материала и инструмента и т. д.

Вредным производственным фактором (ВПФ) называют производственный фактор, воздействие которого на человека приводит к ухудшению самочувствия или, при длительном воздействии, к заболеванию. К ВПФ можно отнести повышенную или пониженную температуру воздуха в

рабочей зоне, повышенные уровни шума, вибрации, электромагнитных излучений, радиации, загрязненность воздуха в рабочей зоне пылью, вредными газами, вредными микроорганизмами, бактериями, вирусами и т. д.» [11]

Шум – длительное воздействие громкого шума может привести к снижению слуха и стрессу.

Вибрация – вибрация оборудования вызывает усталость мышц, костей и влияет на нервную систему.

Температура – высокая температура может вызвать перегрев организма.

Освещенность – недостаточная освещенность может стать причиной зрительного утомления.

Электромагнитные поля – особенно высокочастотные электромагнитные излучения способны вызывать повреждения нервной системы и кожи.

Физическая нагрузка – чрезмерная физическая активность может привести к мышечному перенапряжению.

Нервно-психологическая нагрузка – на сборочном конвейере вызвана в основном дефицитом времени, способствует развитию сердечно-сосудистых заболеваний.

Монотония – однообразная работа может вызвать психологический дискомфорт и снижение внимания.

Движущиеся механизмы – неправильное использование станков может привести к травмам.

Острые предметы – ножи, лезвия и инструменты с острыми краями представляют риск порезов и ранений.

«Средства индивидуальной защиты (СИЗ) — это средства, которые используются для предотвращения или уменьшения воздействия вредных и опасных производственных факторов, а также для защиты от загрязнения.»[19]

Для защиты жизни и здоровья рабочих при сборке рычагов задней подвески в сборе применяются очки, каска, обувь с металлическими вкладками в носовой части, рабочая рубашка и сигнальный жилет, рабочие перчатки.

На рисунке 21 представлен стандартный комплект средств индивидуальной защиты работника АО «АВТОВАЗ». К нему так же могут добавляться, защитные наушники или беруши. В комплексах вроде литейного и покрасочного цеха к комплекту средств индивидуальной добавляется респираторная маска.



Рисунок 21 – стандартный комплект средств индивидуальной защиты работника АО «АВТОВАЗ»

Комплект средств индивидуальной защиты, представленный на рисунке 19 выдается всем работникам предприятия АО «АВТОВАЗ».

Так же для минимизации рисков воздействия опасных и вредных производственных факторов регулярно проводятся медосмотры для выявления профессиональных заболеваний, уроки по охране труда, устанавливаются системы вентилирования и кондиционирования для снижения концентрации вредных веществ в воздухе, перед входом в опасную зону устанавливаются знаки предупреждающие работника о том, что он должен надеть средства индивидуальной защиты.

На современных заводах большинство процессов автоматизируется не просто с целью повышения качества и скорости выполнения работ, а еще и минимизируется риск воздействия на рабочего вредных и опасных производственных факторов, так как минимизируется его контакт с ними.

Все предприятие оснащено мощным освещением, в специально отведенных местах располагаются аптечки первой помощи, огнетушители и пожарные шланги.

На конвейере, в цехах производств и складских помещениях есть специальные ограждения и пешеходные дорожки.

5.3 Идентификация опасных и вредных производственных факторов на рабочем месте

«Идентификация опасностей в процессе производственной деятельности – это процесс обнаружения, выявления и распознавания опасных и вредных производственных факторов и установления их количественных, временных, пространственных и других характеристик, необходимых и достаточных для разработки профилактических мероприятий (предупреждающих и корректирующих действий), обеспечивающих безопасность труда.»[15]

В таблице 25 представлена идентификация опасных и вредных производственных факторов на рабочих местах.

Таблица 25 – идентификация опасных и вредных производственных факторов на рабочих местах

Рабочее место	Группа ОВПФ по ГОСТ 12.0.003–2015	Наименование ОВПФ	Источник ОВПФ (наименование используемого оборудования, инструментов, материалов и др.)	Воздействие ОВПФ на человека
1.	2.	3.	4.	5.
Слесарь механосборочных работ	Факторы, обладающие свойствами физического воздействия	Опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения, в том числе в поле тяжести	Пресс гидравлический с двуручным управлением. Клещи для стопорного кольца. Автоматическая сборочная линия	Риск получения травм при работе с прессом и клещами Физическое переутомление при работе с автоматической сборочной линией
		Опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей	Пресс гидравлический с двуручным управлением. Автоматическая сборочная линия	Длительное использование пресса и аппаратуры сборочной линии может привести к переутомлению
		Опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде	Пресс гидравлический с двуручным управлением. Автоматическая сборочная линия	Длительное воздействие шума при работе конвейера может привести к проблемам со слухом и появлению стресса
		Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов	Пресс гидравлический с двуручным управлением. Автоматическая сборочная линия	При работе с электрооборудованием может возникнуть удар электрическим током
	Факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия	Динамические нагрузки, связанные с массой и перемещаемого вручную груза	Автоматическая сборочная линия	Физическое переутомление при работе с оборудованием автоматической сборочной линии
		Монотонность труда, вызывающая монотонию	Автоматическая сборочная линия	Переутомление и потеря концентрации

В таблице 26 представлена идентификация рисков и меры по их устранению.

Таблица 26 – идентификация рисков и меры по их устранению

Наименование профессии	Используемое оборудование (материал)	Виды работ	Риск	Последствия	Меры по устранению риска
1.	2.	3.	4.	5.	6.
Слесарь механосборочных работ	Стол рабочий. Пресс гидравлический с двуручным управлением. Клещи для стопорного кольца. Пробка для контроля.	Узловая сборка ступицы задней оси в сборе	Динамическое воздействие на рабочего элементов пресса, удар током, падение на ногу элементов собираемого объекта и инструментов, переутомление.	Травма, ожог	Соблюдение техники безопасности, ношение рабочих перчаток и защитных ботинок, соблюдение режима работы.
	Стол с оснасткой	Узловая сборка ступицы задней оси с тормозным барабаном в сборе	Падение на ногу элементов собираемого объекта.	Травма	Соблюдение техники безопасности, ношение защитных ботинок, соблюдение режима работы.
		Узловая сборка тормоза задней оси с осью в сборе левого/правого			
	Автоматическая сборочная линия	Узловая сборка рычагов задней подвески с тормозами в сборе	Динамическое воздействие на рабочего элементов пресса, удар током, падение на ногу элементов собираемого объекта и инструментов, переутомление.	Травма, ожог	Соблюдение техники безопасности, ношение рабочих перчаток и защитных ботинок, соблюдение режима работы.

Идентификация профессиональных рисков является важным элементом охраны труда и способствует созданию безопасной рабочей среды.

5.4 Обеспечение электробезопасности на производственном участке

Обеспечение электробезопасности на производственном участке – важная задача, направленная на предотвращение несчастных случаев, связанных с поражением электрическим током, возгоранием оборудования и другими рисками, возникающими от неправильной эксплуатации электроустановок.

Все металлические части производственного оборудования, которые могут оказаться под напряжением вследствие неисправности изоляции надежно заземлены. Это обеспечивает защиту персонала от поражения электрическим током в случае короткого замыкания.

Использование защитного отключения способствует отключению питания в случае нарушения подачи питания, защищая персонал от возможного удара электричеством.

На территории сборочной линии установлены автоматические выключатели, которые предотвращают перегрузки в электросети.

Все работники, имеющие доступ к электрооборудованию ознакомлены с техникой безопасности и правилами безопасного обращения с электроприборами.

Регулярно проводится диагностика оборудования.

5.5 Обеспечение пожарной безопасности на производственном участке

«Обеспечение пожарной безопасности – это комплекс мер, направленных на предотвращение возникновения пожаров, минимизацию их последствий, защиту жизни и здоровья работников.»

На каждом участке сборки утвержден план пожарной безопасности, который включает в себя зоны повышенной пожарной опасности, описание

путей эвакуации и эвакуационных выходов места расположения первичных средств пожаротушения, а так же инструкцию по действиям работников в случае возникновения пожара.

Все работники производственного участка проходят обучение по пожарной безопасности. Вводный и первичный инструктажи включают в себя ознакомление с планом эвакуации, правилами поведения при пожаре и использованием первичных средств пожаротушения. Регулярные повторные инструктажи позволяют поддерживать уровень знаний и навыков.

Производственный участок оборудован огнетушителями (порошковый и углекислотный), пожарными кранами, пожарными щитами с набором инструментов (лопаты, багры, ведра), системами пожаротушения, системами автоматической пожарной сигнализации и оповещения, средствами дымоудаления и вентиляции.

Производственный участок содержится в порядке. Запрещается складирование горючих материалов и отходов в неустановленных местах. Проходы и эвакуационные выходы свободны и доступны.

5.6 Экологическая безопасность объекта

«Система экологического менеджмента АО «АВТОВАЗ» прошла очередной аудит и подтвердила соответствие международному стандарту ISO 14001.

В ходе надзорного аудита представители компании ООО «ИНТЕРСЕРТИФИКА» отметили высокий уровень культуры производства и постоянное стремление улучшать производственные и логистические процессы с целью уменьшения их воздействия на окружающую среду. Также аудиторы положительно оценили продолжающиеся в подразделениях АВТОВАЗа мероприятия по повышению эффективности энергопотребления:

замену ртутьсодержащих ламп на светодиодные и замену покрытия кровли цехов на более эффективное с точки зрения снижения теплотерь.

Аудиторам были представлены мероприятия, направленные на улучшение качества очистки воздуха. Так в производстве чугунного литья и поковок были заменены 4 фильтра мокрой очистки на вентиляционных системах. Запланирована замена еще 4 гидрофильтров в том же производстве и одного гидрофильтра в прессовом производстве.

Для снижения образования отходов 1-го класса опасности в 2024 году было заменено 152 совтоловых трансформатора на более безопасные с экологической точки зрения. С целью временного хранения демонтированных трансформаторов до момента их передачи Федеральному экологическому оператору на АВТОВАЗе построена специальная площадка, соответствующая современным требованиям и зарегистрированная в Государственном реестре объектов размещения отходов.

Результаты проведенного аудита подтвердили выполнение АВТОВАЗом требований, экологических стандартов, что позволило продлить действие ранее выданных сертификатов до 2026 года.» [10]

6 Экономическая эффективность проекта

6.1 Технико-экономическое обоснование проекта

Технико-экономическое обоснование – важный элемент в котором представлена целесообразность внедрения новой технологии или оборудования с точки зрения экономической выгоды и технической эффективности.

Шариковые подшипники, устанавливаемые на серийную версию автомобиля имеют малый ресурс из-за своей конструкции, а так же низкой грузоподъемности.

В год насчитывается 9450 обращений в гарантийный срок, связанных с шумом подшипника ступицы заднего колеса. Стоимость устранения одной единицы дефекта составляет 2378 рублей. Таким образом ежегодные убытки составляют 22472100 рублей.

Так же в будущей перспективе планируется увеличение массы автомобиля в диапазоне 10-70 кг.

Замена шарикового подшипника на роликовый позволит не только избавиться от дефектов, связанных с попаданием грязи внутрь подшипника и выходом из строя из-за малой грузоподъемности, но и позволит снизить стоимость производства ступичного узла так как стоимость одного шарикового подшипника составляет 813 рублей, в то время как стоимость роликового составляет 511 рублей.

6.2 Расчет затрат

«Затраты — это стоимость ресурсов, которые компания использует для создания продуктов или оказания услуг.

Сюда можно отнести покупку материалов, комплектующих, производственной техники, оплату труда персонала и т. д.»[7]

«Расходы на дополнительную заработную плату исполнителей определяются по формуле:

$$З_{\text{доп.з.п.}} = З_{\text{осн.з.п.}} \cdot \frac{Н_{\text{доп}}}{100} \quad (55)$$

«где $З_{\text{доп.з.п.}}$ – расходы на дополнительную заработную плату исполнителей, руб;

$З_{\text{осн.з.п.}} = 6297600$ руб – расходы на основную заработную плату исполнителей;

$Н_{\text{доп}} = 14\%$ – норматив дополнительной заработной платы.»[6]

$$З_{\text{доп.з.п.}} = 6297600 \cdot \frac{14}{100} = 881664 \text{ руб}$$

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

$$З_{\text{соц}} = (З_{\text{осн.з.п.}} + З_{\text{доп.з.п.}}) \cdot \frac{Н_{\text{соц}}}{100} \quad (56)$$

где $З_{\text{соц}}$ – отчисления на социальные нужды с заработной платы, руб;

$Н_{\text{соц}} = 30,2\%$ – норматив отчислений на страховые взносы на обязательное социальное, пенсионное и медицинское страхование.»[6]

$$З_{\text{соц}} = (6297600 + 881664) \cdot \frac{30,2}{100} = 2168138 \text{ руб}$$

Затраты на материалы для деталей, изготавливаемых на предприятии:

$$З_M = \sum_{i=1}^L G_l \cdot Ц_l \cdot N_l \cdot \left(1 + \frac{Н_{т.з.}}{100}\right) \quad (57)$$

где $З_M$ – затраты на материалы для деталей, изготавливаемых на предприятии, руб.;

G_l – норма расхода l -того материала на единицу продукции, кг;

$Ц_l$ – цена приобретения за килограмм материала руб.;

$Н_{т.з.} = 10\%$ – норма транспортно-заготовительных расходов, %;

N_l – количество l -тых комплектующих изделий входящих в единицу продукции, шт.

Результаты расчетов затрат на материалы для деталей, изготавливаемых на предприятии представлены в таблице 27.

Таблица 27 – результаты расчета затрат на материалы для деталей, изготавливаемых на предприятии

Деталь	Материал	Норма расхода на деталь, кг	Цена за кг, руб.	Количество деталей, шт.	Сумма, руб.
Ступица задней оси	ВЧ50	1,8	153	2	550,8
Кольцо грязезащитное	Лента А-0,8х170-0,8пс	0,03	86,276	2	2,6
Барабан тормозной	-	2,42	-	2	900
Ось ступицы задней оси	Сталь 40ХГНМ	1,5	60,5	2	181,5
Рычаги задней подвески в сборе	-	16,2	-	1	3000
Сумма без учета $\left(1 + \frac{Н_{т.з.}}{100}\right)$					4635
$З_M = 4635 \cdot \left(1 + \frac{10}{100}\right) = 5099$ руб					

Таким образом затраты на материалы для деталей, изготавливаемых на предприятии составляют 5099 руб.

«Покупные комплектующие изделия:

$$Z_{\text{п}} = \sum_{i=1}^L N_l \cdot C_l \cdot \left(1 + \frac{H_{\text{т.з.}}}{100}\right) \quad (58)$$

где $Z_{\text{п}}$ – затраты на покупные комплектующие изделия, руб.;

C_l – цена приобретения единицы l -го комплектующего, руб./шт.;

$H_{\text{т.з.}} = 10\%$ – норма транспортно-заготовительных расходов, %.»[6]

Результаты расчетов затрат на покупные комплектующие изделия представлены в таблице 28.

Таблица 28 – результаты расчета затрат на покупные комплектующие изделия

Наименование изделий	Количество изделий, шт	Цена за 1 шт., руб	Затраты, руб
Подшипник ступицы заднего колеса	2	511	1022
Кольцо стопорное	2	20	40
Гайка М20х1,5 с нейлоновой вставкой	2	125	250
Штифт направляющий колеса	4	8	32
Ротор заднего колеса	2	325	650
Тормоз в сборе	2	1800	3600
Винт М6х10 табл.10530	2	3	6
Шайба 6 табл.10188	2	2	4
Шарнир крепления рычагов задней подвески	2	195	390
Болт крепления оси заднего колеса	8	14	112
Шайба 10	8	4	32
Подушка штанги стабилизатора	1	360	360
Колпак ступицы задней оси	2	90	180
В сумме:			6678
Норма транспортно-заготовительных расходов			667,8
Суммарные затрат на покупные комплектующие изделия			7346

«Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования:»[6]

$$З_{эо} = З_{\text{осн.з.п.}} \cdot \frac{Н_{\text{об.}}}{100} \quad (59)$$

где $Н_{\text{об.}} = 135\%$ – коэффициент расходов на эксплуатацию, ремонт и расходные материалы оборудования.

$$З_{эо} = 6297600 \cdot \frac{135}{100} = 8501760 \text{ руб}$$

Общие затраты на изделие в год:

$$З_{\text{общ.}} = З_{\text{осн.з.п.}} + З_{\text{доп.з.п.}} + З_{\text{соц}} + З_{\text{м}} \cdot П + З_{\text{п}} \cdot П + З_{\text{эо}} + З_{\text{пр}} \quad (60)$$

где $З_{\text{пр}} = 68400000$ руб – прочие затраты.

$$\begin{aligned} З_{\text{общ.}} &= 6297600 + 881664 + 2168138 + 5099 \cdot 230000 + 7346 \cdot 230000 + \\ &+ 8501760 + 68400000 = 2948599162 \text{ руб} \end{aligned}$$

Итоговая цена годового выпуска изделий:

$$Ц_{\text{изд.}} = З_{\text{общ.}} \cdot \left(1 + \frac{Н_{\text{рент.}}}{100}\right) \quad (61)$$

где $Н_{\text{рент.}} = 22\%$ - коэффициент рентабельности.

$$Ц_{\text{год.}} = 2948599162 \cdot \left(1 + \frac{22}{100}\right) = 3597290978 \text{ руб.}$$

Итоговая цена одного изделия:

$$Ц_{\text{ед.}} = \frac{Ц_{\text{изд.}}}{П}, \quad (62)$$

$$Ц_{ед.} = \frac{3597290978}{230000} = 15640 \text{ руб.}$$

6.3 Точка безубыточности проекта

«Точка безубыточности (критическая точка, точка равновесия, «мертвая точка») показывает тот объем производства и продажи продукции (товаров, работ, услуг), при котором организация не имеет ни прибылей, ни убытков и за счет полученной выручки полностью покрывает произведенные затраты:

$$N_{без} = \frac{C_{у.пост}}{Ц_{ед.} - C_{у.перед}} \quad (63)$$

где $C_{у.пост}$ – условно постоянные затраты;

$C_{у.перед}$ – удельные условно-переменные затраты.»[5]

Удельные условно-переменные затраты:

$$C_{у.перед} = \frac{З_{м.} \cdot П + З_{п.} \cdot П + З_{осн.з.п.} + З_{доп.з.п.} + З_{соц}}{П}, \quad (64)$$

$$\begin{aligned} C_{у.перед} &= \frac{230000 \cdot (5099 + 7346) + 6297600 + 881664 + 2168138}{230000} = \\ &= 12486 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Переменные издержки:

$$C_{пи} = C_{у.перед} \cdot П, \quad (65)$$

$$C_{\text{пи}} = 12486 \cdot 230000 = 2871780000 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления:

$$A = Z_{\text{эо}} \cdot \frac{H_A}{100} \quad (66)$$

где $H_A = 20\%$ – норма амортизационных отчислений

$$A = 8501760 \cdot \frac{20}{100} = 1700352 \text{ руб}$$

«Условно постоянные затраты»[5]:

$$C_{\text{у.пост}} = Z_{\text{эо}} \cdot \frac{100 - H_A}{100} + Z_{\text{пр}} + A, \quad (67)$$

$$C_{\text{у.пост}} = 8501760 \cdot \frac{100 - 20}{100} + 68400000 + 1700352 = 76901760 \text{ руб.}$$

Маржинальный доход:

$$M = \Pi_{\text{год.}} - C_{\text{пи}}, \quad (68)$$

$$M = 3597290978 - 2871780000 = 725510978 \text{ руб,}$$

$$N_{\text{без}} = \frac{76901760}{15640 - 12486} = 24383 \text{ шт.}$$

6.4 Коммерческая эффективность проекта

«В величину годового выпуска продукции помимо продукции, устанавливаемой непосредственно на автомобиль, заложена продукция идущая на запчасти. Для удобства эти величины объединены.»

Срок существования проекта n_{π} – 5 лет. Расчеты коммерческой эффективности будут проводиться на 5 лет. Запасные части будут производиться и после завершения существования проекта.

Наращивание темпов производства:

$$T = \frac{\Pi - N_{\text{без}}}{n_{\pi}}, \quad (69)$$

$$T = \frac{230000 - 24383}{5} = 41124 \text{ шт.}$$

Объем производства в первый год:

$$V_1 = T + N_{\text{без}}, \quad (70)$$

$$V_1 = 41124 + 24383 = 65507 \text{ шт.}$$

Объем производства за 5 лет:

$$V_n = V_{n-1} + T \quad (71)$$

где V_n – объем производства в n -й год;

V_{n-1} – объем производства в предыдущий год.

$$V_2 = 65507 + 41124 = 106631 \text{ шт.}$$

$$V_3 = 106631 + 41124 = 147755 \text{ шт},$$

$$V_4 = 147755 + 41124 = 188879 \text{ шт},$$

$$V_5 = 188879 + 41124 = 230003 \text{ шт}.$$

Выручка за 5 лет:

$$B_n = V_n \cdot C_{\text{ед.}} \quad (72)$$

где B_n – выручка в n -й год.

$$B_1 = 65\,507 \cdot 15640 = 1024529480 \text{ руб},$$

$$B_2 = 106631 \cdot 15640 = 1667708840 \text{ руб},$$

$$B_3 = 147755 \cdot 15640 = 2310888200 \text{ руб},$$

$$B_4 = 188879 \cdot 15640 = 2954067560 \text{ руб},$$

$$B_5 = 230003 \cdot 15640 = 3597246920 \text{ руб}.$$

Удельные условно-переменные затраты за 5 лет:

$$C_{\text{у.перед}n} = C_{\text{у.перед}} \cdot V_n \quad (73)$$

где $C_{\text{у.перед}n}$ – условно-переменные затраты в n -й год.

$$C_{\text{у.перед}1} = 12486 \cdot 65\,507 = 817920402 \text{ руб},$$

$$C_{\text{у.перед}2} = 12486 \cdot 106631 = 1331394666 \text{ руб},$$

$$C_{у.перед3} = 12486 \cdot 147755 = 1844868930 \text{ руб,}$$

$$C_{у.перед4} = 12486 \cdot 188879 = 2358343194 \text{ руб,}$$

$$C_{у.перед5} = 12486 \cdot 230003 = 2871817458 \text{ руб.}$$

Себестоимость за 5 лет:

$$C_{у.постn} = C_{у.пост} + C_{у.передn}, \quad (74)$$

где $C_{у.постn}$ – себестоимость изделия в n -й год.

$$C_{у.пост1} = 76901760 + 817920402 = 894822162 \text{ руб,}$$

$$C_{у.пост2} = 76901760 + 1331394666 = 1408296426 \text{ руб,}$$

$$C_{у.пост3} = 76901760 + 1844868930 = 1921770690 \text{ руб,}$$

$$C_{у.пост4} = 76901760 + 2358343194 = 2435244954 \text{ руб,}$$

$$C_{у.пост5} = 76901760 + 2871817458 = 2948719218 \text{ руб.}$$

Налогооблагаемая прибыль за 5 лет:

$$p_n = B_n - C_{у.постn} \quad (75)$$

где p_n – налогооблагаемая прибыль в n -й год.

$$p_1 = 1024529480 - 894822162 = 129707318 \text{ руб,}$$

$$p_2 = 1667708840 - 1408296426 = 259412414 \text{ руб.}$$

$$p_3 = 2310888200 - 1921770690 = 389117510 \text{ руб.}$$

$$p_4 = 2954067560 - 2435244954 = 518822606 \text{ руб.}$$

$$p_5 = 3597246920 - 2948719218 = 648527702 \text{ руб.}$$

Чистая прибыль за 5 лет:

$$\text{ЧП}_n = p_n - p_n \cdot 0,25 \quad (76)$$

где ЧП_n – чистая прибыль в n -й год.

$$\text{ЧП}_1 = 129707318 - 129707318 \cdot 0,25 = 97280488,5 \text{ руб.}$$

$$\text{ЧП}_2 = 259412414 - 259412414 \cdot 0,25 = 194559310,5 \text{ руб.}$$

$$\text{ЧП}_3 = 389117510 - 389117510 \cdot 0,25 = 291838132,5 \text{ руб.}$$

$$\text{ЧП}_4 = 518822606 - 518822606 \cdot 0,25 = 389116954,5 \text{ руб.}$$

$$\text{ЧП}_5 = 648527702 - 648527702 \cdot 0,25 = 486395776,5 \text{ руб.}$$

6.5 Экономический эффект

Прибыль в результате интеграции нового ступичного подшипника и комплектующих, интегрируемых вместе с ним:

$$\text{Пр}_n = \left(\frac{\text{Ц}_{\text{ед.}} \cdot \text{Д}_p}{\text{Д}_m} - \text{Ц}_{\text{ед.}} \right) \cdot V_n \quad (77)$$

где Пр_n – прибыль с внедрения модификации в n -й год;

$\text{Д}_6 = 100000$ км – ресурс автомобиля с базовым узлом;

$\text{Д}_m = 120000$ км – ресурс автомобиля с модифицируемым узлом.

$$\text{Пр}_1 = \left(\frac{15640 \cdot 120000}{100000} - 15640 \right) \cdot 65507 = 204905896 \text{ руб.},$$

$$\text{Пр}_2 = \left(\frac{15640 \cdot 120000}{100000} - 15640 \right) \cdot 106631 = 333541768 \text{ руб.},$$

$$\text{Пр}_3 = \left(\frac{15640 \cdot 120000}{100000} - 15640 \right) \cdot 147755 = 462177640 \text{ руб.},$$

$$\text{Пр}_4 = \left(\frac{15640 \cdot 120000}{100000} - 15640 \right) \cdot 188879 = 590813512 \text{ руб.},$$

$$\text{Пр}_5 = \left(\frac{15640 \cdot 120000}{100000} - 15640 \right) \cdot 230003 = 719449384 \text{ руб.}$$

Текущий чистый доход за 5 лет:

$$\text{ЧД}_n = \text{Пр}_n + \text{ЧП}_n \quad (78)$$

где ЧД_n – текущий чистый доход в n -й год.

$$\text{ЧД}_1 = 204905896 + 97280488,5 = 302186384,5 \text{ руб.},$$

$$\text{ЧД}_2 = 333541768 + 194559310,5 = 528101078,5 \text{ руб.},$$

$$\text{ЧД}_3 = 462177640 + 291838132,5 = 754015772,5 \text{ руб.},$$

$$\text{ЧД}_4 = 590813512 + 389116954,5 = 979930466,5 \text{ руб.}$$

$$\text{ЧД}_5 = 719449384 + 486395776,5 = 1205845160,5 \text{ руб.}$$

«Коэффициент дисконтирования:

$$DF_n = \frac{1}{(1 + r)^n} \quad (79)$$

где $r = 0,1$ – ставка дисконтирования;

n – число периодов, за который рассчитывается денежный поток.»[4]

$$DF_1 = \frac{1}{(1 + 0,1)^1} = 0,91,$$

$$DF_2 = \frac{1}{(1 + 0,1)^2} = 0,83,$$

$$DF_3 = \frac{1}{(1 + 0,1)^3} = 0,75,$$

$$DF_4 = \frac{1}{(1 + 0,1)^4} = 0,68,$$

$$DF_5 = \frac{1}{(1 + 0,1)^5} = 0,62.$$

Текущий чистый дисконтированный доход за 5 лет:

$$\text{ЧДД}_n = \text{ЧД}_n \cdot DF_n \quad (80)$$

где ЧДД_n – текущий чистый дисконтированный доход в n -й год.

$$\text{ЧДД}_1 = 302186384,5 \cdot 0,91 = 274989609,895 \text{ руб.}$$

$$\text{ЧДД}_2 = 528101078,5 \cdot 0,83 = 438323895,155 \text{ руб.}$$

$$\text{ЧДД}_3 = 754015772,5 \cdot 0,75 = 565511829,375 \text{ руб.}$$

$$\text{ЧДД}_4 = 979930466,5 \cdot 0,68 = 666352717,22 \text{ руб.}$$

$$\text{ЧДД}_5 = 1205845160,5 \cdot 0,62 = 747623999,51 \text{ руб.}$$

Капиталообразующие инвестиции:

$$I = k_I \cdot \sum C_{\text{у.постп}} \quad (81)$$

где $k_I = 12\%$ – коэффициент капиталообразующих инвестиций.

$$I = 0,12 \cdot (894822162 + 1408296426 + 1921770690 + 2435244954 + \\ + 2948719218) = 1153062414 \text{ руб.}$$

Чистый дисконтированный доход:

$$\text{ЧДД} = \sum \text{ЧДД}_n - I, \quad (82)$$

$$\text{ЧДД} = 2692802051 - 1153062414 = 1539739637 \text{ руб.}$$

Индекс доходности инвестиций:

$$IRI = \frac{\text{ЧДД}}{I}, \quad (83)$$

$$IRI = \frac{1539739637}{1153062414} = 1,34$$

Срок окупаемости:

$$t_{\text{окуп}} = \frac{I}{\text{ЧДД}}, \quad (84)$$

$$t_{\text{окуп}} = \frac{1153062414}{1539739637} = 0,75 \text{ года.}$$

О прибыльности проекта говорит индекс рентабельности. Если он больше одного, то проект прибылен и подлежит реализации. Если равен одному, то он не прибылен и не убыточен, но если меньше то проект убыточен и не подлежит реализации.

Поскольку индекс доходности проекта равен 1,34 что больше одного, проект подлежит реализации.

Заключение

По заданию дипломного проекта была выполнена модернизация задней подвески легкового автомобиля LADA Granta.

Слабым местом задней подвески автомобиля являлся ступичный узел из-за быстрого выхода из строя ступичного шарикоподшипника.

В результате выполнения дипломного проекта, в ступичный узел был интегрирован более надежный и дешевый роликподшипник от автомобиля LADA Vesta. Благодаря изменениям геометрии базовых оси и ступицы удалось сохранить колею автомобиля неизменной. В узел были добавлены и другие элементы окружения такие как ступичная гайка с нейлоновой вставкой. В ось и ступицу были внесены изменения, позволяющие сократить время на механическую обработку.

Были рассмотрены общие понятия о подвеске автомобиля, их типы. Был произведен расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля.

Был произведен расчет неподрессоренных масс, усилия на элементы крепления оси, которое не превышает допустимые нормы и параметры необходимые для будущего испытания узла.

Была рассчитана технологическая часть проекта, экология и безопасность.

Был произведен экономический расчет, по результатам которого, можно сделать вывод, что проект экономически эффективен.

По результатам проведенной работы должна повыситься надежность узла, что сократит обращения в дилерские центры.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Иванов А.М., Солнцев А.Н., Гаевский В.В., Клюкин П.Н., Осипов В.И., Попов А.И. 0-75 Основы конструкции современного автомобиля. – М. ООО «Издательство «За рулем», 2012. – 336 с.: ил.
2. Черепанов Л.А. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля. Тольятти: ТолПИ, 2001. – 40с.
3. ГОСТ 1759.4—87 (ИСО 898-1—78)
4. Интернет ресурс: <https://kasheloff.ru/photos/koeffitsientiy-privedennoy-stoimosti/45>
5. ББК 65.2907 Санин М.К. Управленческий учет: Учебное пособие. — СПб : СПбГУ ИТМО, 2014 — 88 с.
6. Алексеева О. Г. А47 Экономическое обоснование ВКР: учебно-методическое пособие по выполнению дополнительного раздела выпускных квалификационных работ бакалаврами технических направлений и специалистами ФРТ СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2023 15 с.
7. Интернет ресурс: <https://online-kassa.ru/blog/rashody-i-zatraty-kompanii-zachem-ih-razdelyat-i-kak-eto-delat-v-1s/>.
8. С46 Скутнев, В.М. Эксплуатационные свойства автомобиля : учеб. пособие / В.М. Скутнев. – Тольятти : ТГУ, 2011 – 140 с. : обл.
9. Интернет ресурс: <https://chmetcol.edu35.ru/studentam/dist/20200422/22.04%204ОМД1%20МДК01.01%20Окунева%20О.Л.%203%20пара.pdf>.
10. Интернет ресурс: <https://www.lada.ru/press-releases/122187>.
11. Д32 Охрана труда: учебник. — 3-е изд., испр. и доп. — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2013 — 448 с.: ил. — (Профессиональное образование). ISBN 978-5-91134-111-4 (ФОРУМ) ISBN 978-5-16-002984-9 (ИНФРА-М).
12. Динамика системы дорога – шина – автомобиль – водитель / Под ред. А.А. Хачатурова. — М.:

13. Интернет ресурс:
https://ru.wikipedia.org/wiki/Неподдрессоренная_масса
14. Основы технологии машиностроения : курс лекций / О-75 В. В. Морозов [и др.] ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2016 – 200 с. ISBN 978-5-9984-0708-6.
15. Интернет ресурс: [https://rostov-gorod.ru/administration/territorial_unit/proletarian-district/action/identifikatsiya-opasnostey-i-otsenka-riskov-v-protsesse-proizvodstvennoy-deyatelnosti.php/#:~:text=Идентификация%20опасностей%20в%20процессе%20производственной,корректирующих%20действий\)%2C%20обеспечивающих%20безопасность%20труда](https://rostov-gorod.ru/administration/territorial_unit/proletarian-district/action/identifikatsiya-opasnostey-i-otsenka-riskov-v-protsesse-proizvodstvennoy-deyatelnosti.php/#:~:text=Идентификация%20опасностей%20в%20процессе%20производственной,корректирующих%20действий)%2C%20обеспечивающих%20безопасность%20труда)
16. Mikell, P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems / P. Mikell. - John Wiley & Sons, 2010. - p. 1024.
17. Henzold G. Geometrical dimensioning and tolerancing for design, manufacturing and inspection / A handbook for geometrical product specification using ISO and ASME standards – Burlington, 2016. – 390 p.
18. David A. Hensher, Kenneth J. Button / Handbook of transport modeling. - [2. impr.]. - Amsterdam [etc.] : Pergamon, 2002 с. - 165 p.
19. Dainius, L., Research on Probability for Failures in VW Cars During Warranty and Post-Warranty Periods / Mokslas: Lietuvos Ateitis, 2014. - 2 p.
20. Unit II Vehicle Suspension Systems By, Mr. A J Bhosale Asst. Professor Dept. of Automobile Engineering Govt. College of Engineering and Research, Avsari (Kd).

Приложение А

[illegible]

Рисунок А – спецификация «Ступица задней оси в сборе»

Приложение Б

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание																														
						<u>Документация</u>																																
		A1			25.ДП.01.112.1118-3104006СБ	Сборочный чертеж																																
						<u>Сборочные единицы</u>																																
Спроб. №		A2	1		25.ДП.01.112.2192-3104014СБ	Ступица задней оси	1																															
						в сборе																																
						<u>Детали</u>																																
Подл. и дата			2		11180-35384.00-00	Ротор заднего колеса	1																															
			3		21080-3502070-00	Барабан тормозной	1																															
			4		21120-3101082-00	Штифт направляющий	2																															
						колеса																																
Инф. № дораб.																																						
Взам. инв. №																																						
Подл. и дата																																						
Инв. № подл.																																						
25.ДП.01.112.1118-3104006СБ																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Изм./лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подп.</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td>Разраб. Назаров</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Проб. /дата</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Т.контр. /дата</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Н.контр. /дата</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Утв. Бабровский</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>						Изм./лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разраб. Назаров				Проб. /дата				Т.контр. /дата				Н.контр. /дата				Утв. Бабровский				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Лит.</td> <td>Лист</td> <td>Листов</td> </tr> <tr> <td>У</td> <td></td> <td>1</td> </tr> </table>			Лит.	Лист	Листов	У		1
Изм./лист	№ докум.	Подп.	Дата																																			
Разраб. Назаров																																						
Проб. /дата																																						
Т.контр. /дата																																						
Н.контр. /дата																																						
Утв. Бабровский																																						
Лит.	Лист	Листов																																				
У		1																																				
Ступица задней оси с тормозным барабаном в сборе						ТГУ, АТС-2001а																																
Копировал						Формат А4																																

Рисунок Б – спецификация «Ступица задней оси с тормозным барабаном в сборе»

Приложение В

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
						<u>Документация</u>				
		A2			25.ДП.01.112.2192-3502009СБ	Сборочный чертеж				
Сред. №						<u>Сборочные единицы</u>				
			1	2192-3502011СБ	Тормоз задней оси левый в сборе	1				
						<u>Детали</u>				
			2	25.ДП.01.112.21920-3104063-00	Ось ступицы задней оси	1				
Подп. и дата						<u>Прочие изделия</u>				
			3		Винт М6х10 табл.10530	1	1/32759/01			
			4		Шайба 6 табл.10188	1	1/05164/7			
Взам. инв. №										
Подп. и дата										
Инв. № подл.					25.ДП.01.112.2192-3502009СБ					
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
		Разраб.	Назаров				Тормоз задней оси с осью в сборе левый	Лит.	Лист	Листов
		Проб.	Лата					У		1
							ТГУ, АТС-2001а			
				</						

Приложение Г

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						<u>Документация</u>		
		A1			25.ДП.01.112.2192-2914002СБ	Сборочный чертеж		
						<u>Сборочные единицы</u>		
		A1	1		25.ДП.01.112.1118-3104006СБ	Ступица задней оси с тормозным барабаном в сборе	2	
		A2	2		25.ДП.01.112.2192-3502008СБ	Тормоз задней оси с ось в сборе правый	1	
		A2	3		25.ДП.01.112.2192-3502009СБ	Тормоз задней оси с ось в сборе левый	1	
			4		21928-2914008СБ	Рычаги задней подвески в сборе	1	
			5		2110-2914054СБ	Шарнир крепления рычага задней подвески в сборе	2	
						<u>Детали</u>		
			6		1118-3502112	Болт крепления оси заднего колеса	8	
			7		8200600646	Гайка М20х1,5	2	
		25.ДП.01.112.2192-2914002СБ						
		Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
		Разработ.	Назаров					
		Пров.	Лата					
		Т.контр.	Лата					
		Н.контр.	Лата					
		Утв.	Бабровский					
		Рычаги задней подвески с тормозами в сборе				Лит.	Лист	Листов
						У	1	2
						ТГУ, АТС-2001а		
		Копировал				Формат А4		

Рисунок Г1 – спецификация лист 1 «Рычаги задней подвески с тормозами в сборе»

