

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»
(наименование кафедры)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

на тему Переднеприводный легковой автомобиль 2 класса. Модернизация
передней подвески

Студент

В.О. Галкин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

В.Н. Лата

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

А.Н. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

О.М. Сярдова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Г. Егоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

С.А. Гудкова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой

к.т.н., доцент А.В. Бобровский

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

(личная подпись)

« _____ »

20 _____ г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

Название дипломного проекта: «Переднеприводный автомобиль 2 класса. Модернизация передней подвески»

Целью работы является улучшение управляемости автомобиля.

Я описываю конструкцию передней подвески, провожу классификацию, произвожу обзор основных тенденций в модернизации передней подвески.

Дипломный проект состоит из 95 страниц, включая расчеты, таблицы, приложения и графической части в объеме 10 листов А1.

Ключевой темой диплома является эксплуатация и характеристики передней подвески автомобиля.

Дипломный проект разделен на 5 основных частей. В первой части указывается назначение подвески автомобиля, классификация с обзором текущих разработок, а так же обзор основных направлений в разработке механизмов в настоящее время.

Вторая часть содержит инженерные расчеты, такие как тягово-динамический расчет автомобиля, выбор компоновочной схемы объекта, расчет .

В третьей части рассматриваются технологические аспекты сборки .

В четвертой части описываются правила безопасности во время сборки на сборочном участке.

В пятой части производится расчет себестоимости проектируемой единицы и точки безубыточности проекта, подтверждается экономическая эффективность модернизации.

В конце проекта я прихожу к выводу, что данная модернизация может быть реализована в текущем массовом производстве.

ABSTRACT

The graduation project is «Front-wheel drive car of the second class. Modernization of the front axle» .

The graduation work is about improve the manageability of the car. The graduation project consists of an explanatory note on 95 pages, introduction, including figures, the graphic part on 10 A1 sheets.

All five parts look toward improving the effectiveness of modernization front axle.

The a key theme of the diploma is the exploitation and the steering mechanism of the vehicle characteristics.

The thesis is divided into 5 main sections. The first part indicates the appointment of a vehicle suspension, the classification of an overview of the current developments, as well as an overview of the main trends in the development of steering mechanisms now.

The second part contains engineering calculations, such as dynamic calculation towing vehicle, the selection circuit layout object, calculation parameters engagement mechanism "Pinion" calculation steering gear parameters, the calculation effort on the steering wheel.

The third part deals with the technological aspects of the steering assembly.

The fourth part describes the security rules during the assembly on the assembly site.

In the fifth part the projected unit cost and break-even point of the project, the economic efficiency of modernization has been can calculated.

The suggested modernization has been proved and can be realized in the current mass production.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 Состояние вопроса.....	9
1.1 Функции подвески транспортного средства	9
1.2 Требования, предъявляемые к конструкции подвесок.....	9
1.3 Классификация конструкций подвесок.....	10
1.4 Основные тенденции развития подвесок.....	13
1.5 Обоснование выбранного проекта модернизации передней подвески.....	16
2 Конструкторская часть.....	17
2.1 Тяговый расчет автомобиля.....	17
2.2 Определение компоновочной схемы передней подвески.....	32
2.3 Определение характеристик демпфирования колебаний и неподрессоренных масс транспортного средства	34
3 Безопасность и экологичность проекта.....	43
3.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта	43
3.1.1 Анализ влияния модернизации передней подвески на параметры устойчивости, управляемости и плавности хода автомобиля.....	43
3.1.2 Управляемость и устойчивость транспортного средства.....	43
3.1.3 Шум внутренний.....	48
3.1.4 Плавность хода.....	45
3.1.5 Технологический паспорт передней подвески.....	47
3.2 Идентификация профессиональных рисков.....	47
3.2.1 Описание рабочего места.....	48
3.2.2 Идентификация профессиональных рисков на сборочном участке.....	48
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	49
3.4 Обеспечение пожарной безопасности участка сборки.....	51

3.4.1 Идентификация опасных факторов пожара.....	51
3.4.2 Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.....	52
3.5 Обеспечение экологическая безопасности участка установки передней подвески	52
4 Анализ экономической эффективности проекта.....	53
4.1 Расчет себестоимости модернизируемой детали.....	53
4.2 Точка безубыточности проекта.....	60
4.3 Коммерческая эффективность проекта.....	69
4.4 Общественный эффект, получаемый в результате уменьшения вероятности попадания автомобиля в ДТП.....	73
4.5 Вывод.....	78
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	79
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	80
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	83
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	91

ВВЕДЕНИЕ

На истоках создания автомобиля, он задумывался как транспортное средство, помогающее в перемещении человека из одного места в другое. За время развития автомобилестроения, к автомобилю стали предъявляться дополнительные требования по активной и пассивной безопасности, комфорту при передвижении, технологичности в условиях конвейерной сборки, экологичности и т.д. Данные требования позволяют выполнять множество механических и электронных систем автомобиля. Одной из данных систем является подвеска автомобиля. Данная система серьезно влияет на такие потребительские свойства, как управляемость, устойчивость, комфорт транспортного средства.

Немаловажной частью при проектировании автомобиля являются не только объективные показатели, но и такие субъективные показатели, как удовольствие от вождения. В условиях жесткой конкуренции и нецелесообразности использования технически сложных и дорогих решений в бюджетных автомобилях, именно выверенная настройка существующих систем автомобиля может быть залогом успеха на рынке.

Подвеска необходима автомобилю для соединения кузова с дорожным полотном, передачи сил и моментов возникающих от взаимодействия колес с дорогой на несущую систему, отвечает за обеспечение управляемости, устойчивости, плавности хода и безопасности. В классе бюджетных автомобилей используются типовые решения в конструкции подвесок и соответственно улучшение управляемости может негативно отразиться на плавности хода и комфорте при передвижении. Настройка подвески в данном классе автомобилей – это поиск компромисса между некоторыми потребительскими свойствами.

В бюджетном классе автомобилей, цена является залогом рыночного успеха продукт. А если удастся при конкурентоспособной цене, предложить лучшие в классе ходовые свойства и комфорт, то автомобиль имеет большие

шансы на рынке и объемы продаж обеспечат хорошие экономические показатели проекта.

Учитывая факторы, изложенные выше, предлагается улучшить управляемость и устойчивость транспортного средства 2-го класса путем модернизации передней подвески.

1 Состояние вопроса

1.1 Функции подвески транспортного средства

Подвеска в автомобиле предназначена для обеспечения следующих функций:

- комфорта водителя и пассажиров, снижение нагрузки на кузов автомобиля до приемлемого уровня за счет упругих элементов, поглощающих удары и толчки от дороги;
- управляемости, устойчивости, эффективной работы тормозной системы за счет демпфирующих элементов, обеспечивающих постоянный контакт колеса с дорогой;
- необходимую точность рулевого управления во время движения, выполнения маневров, торможения за счет выверенной кинематики.
- сохранение заданной геометрии перемещения и положения колес.

1.2 Требования, предъявляемые к подвеске

Можно выделить следующие основные, требования, предъявляемые к отдельным элементам и подвеске в сборе:

- надежность и долговечность подвески и ее элементов. Ресурс и долговечность элементов подвески должен быть рассчитан на весь срок службы автомобиля, за исключением элементов подвергающихся естественному износу. Конструкция направляющих и несущих элементов должна быть рассчитана в соответствии с массовыми и динамическими характеристиками транспортного средства и условиями эксплуатации. Несоблюдение данных требований может стать причиной большого количества рекламаций в гарантийный срок, потерей репутации автопроизводителя, в худших случаях причиной дорожно-транспортного происшествия;
- технологичность при изготовлении и сборке в условиях конвейера. Элементы подвески должны производиться с преимущественным использованием стандартного оборудования, материалов и инструмента.

Конструкция элементов подвески должна быть рассчитана на массовое производство, сборку в условиях конвейера с минимальным количеством вспомогательных операций и оригинальных приспособлений для монтажа;

- масса подвески должна быть минимально возможной для обеспечения всех требований по надежности и долговечности. Следует отметить влияние неподрессоренной массы, снижение которой положительно сказывается на управляемости и устойчивости автомобиля, а также на долговечности элементов подвески;

- характеристики подвески должны быть рассчитаны для конкретного автомобиля, в некоторых случаях для определенных типов двигателей и коробок передач. Демпфирующие характеристики должны обеспечивать постоянный контакт колес с дорогой, упругие характеристик эффективно поглощать нагрузки, кинематика обеспечивать оптимальное взаимное перемещение элементов подвески. Совокупность всех характеристик обеспечивает безопасность во время движения;

- ремонтпригодность должна позволять осуществлять ремонт и обслуживание с минимальными затратами времени и материалов. Данное требование особенно актуально для бюджетных автомобилей, владельцы которых часто обслуживают их своими силами;

- себестоимость должна быть минимальна с учетом обеспечения вышеизложенных требований. Подвеска автомобиля является одним из дорогостоящих элементов в его конструкции. Нерациональные требования при ее проектировании в итоге приведут к удорожанию всего автомобиля.

1.3 Конструкции подвесок

Подвески бывают зависимые, независимые, полузависимые.

Зависимые подвески характеризуется жесткой связью между колесами, за счет чего при перемещении одного из колес перемещается и второе. Данный тип подвески популярен на утилитарных автомобилях, внедорожниках, где требования к надежности, простоте конструкции и

прочности стоят выше требований к управляемости и комфорту. В качестве упругих элементов в данной подвеске могут использоваться рессоры, пружины, пневмобалоны. Данный тип подвески имеет ряд неоспоримых плюсов, таких как большой ход, простое обслуживание, постоянные значения клиренса и колеи. К недостаткам данной подвески можно отнести большую массу, отрицательное влияние на плавность хода, управляемость и устойчивость, требования к наличию большего компоновочного пространства.

В настоящее время такой тип конструкции используют только в качестве задней подвески внедорожников, таких как LADA 4x4, Chevrolet Niva, UAZ Patriot, Toyota Land Cruiser, Land Rover, а также на коммерческом и грузовом транспорте.

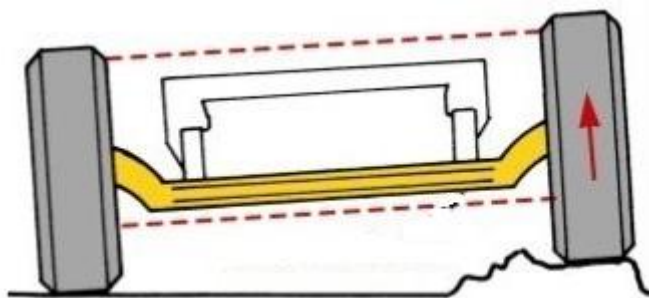


Рисунок 1 – Зависимая подвеска

Независимая подвеска – характеризуется отсутствием жесткой связи между правым и левым колесами. Данная подвеска лишена недостатков зависимой подвески. К ее достоинствам можно отнести лучшую управляемость, курсовую устойчивость, меньшую неподрессоренную массу, что благоприятно сказывается на комфорте, возможность регулировки углов установки колес, меньшее компоновочное пространство. К недостаткам данного типа подвески можно отнести высокую сложность, худшую стойкость к перегрузкам, дорогое обслуживание, стоимость изготовления.

Данный тип подвески применяется на большинстве выпускаемых автомобилей в качестве передней и на части автомобилей в качестве задней подвеске.

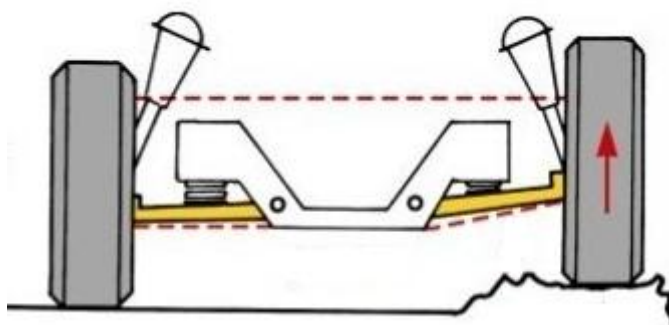


Рисунок 2 – Независимая подвеска

Полузависимая подвеска – это некий компромисс между зависимой и независимой подвеской. В данном типе подвески колеса связаны между собой как в зависимой подвеске, но имеют определенную степень свободы относительно друг друга. Данные перемещения обеспечиваются упругой балкой соединяющей колеса. Полузависимая подвеска проста в изготовлении, неприхотлива в эксплуатации и надежна. К недостаткам следует отнести большее требуемое компоновочное пространство и худшие показатели по управляемости и устойчивости по сравнению с независимой подвеской, а также сложность реализации привода на четыре колеса.



Рисунок 3 – Полузависимая задняя подвеска

1.4 Основные направления развития конструкции подвесок

В данном разделе рассмотрим основные типы независимых подвесок и тенденции в их развитии.

Подвеска типа МакФерсон – на сегодняшний день самый популярный тип подвески легковых бюджетных автомобилей. Данный тип подвески долго время был основным и на автомобилях дорогого сегмента, но на сегодня вытеснен более современными конструкциями.

Основными элементами данной подвески являются: нижний рычаг, поворотный кулак со ступицей и тормозом в сборе, шаровая опора, амортизационная стойка с пружиной и верхней опорой. Поворотный кулак соединяется с рычагом с помощью шаровой опоры, амортизационная стойка соединяется с поворотным кулаком с помощью специальной клеммы и резьбового соединения, сверх амортизационная стойка крепится на кузов с помощью верхней опоры.

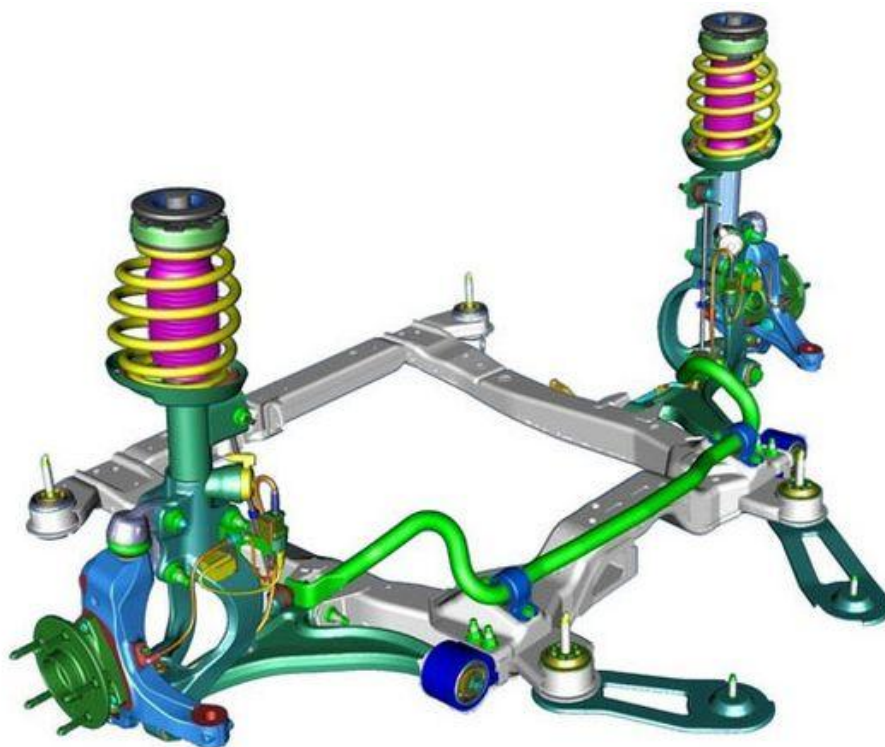


Рисунок 4 – Подвеска типа «МакФерсон»

Главными достоинствами данного типа подвески являются низкая стоимость изготовления, технологичность при сборке, небольшую массу, возможность регулировки углов установки колес. К недостаткам можно отнести неоптимальную кинематику в сравнении с подвеской на двойных поперечных рычагах, необходимость демонтажа и разборки стойки при выходе из строя одного из элементов, высокая степень трансляции шумов и вибраций на кузов автомобиля и рулевое управление.

Подвеска на двойных поперечных рычага – довольно популярный тип подвески используемых на легковых автомобилях и внедорожниках.

Основными элементами данной подвески являются: верхний и нижний рычаг, кулак со ступицей и тормозом в сборе, верхняя и нижняя шаровые опоры, пружина, амортизатор. Рычаги внутренней стороной крепятся к кузову или подрамнику с помощью резинометаллических шарниров, наружной частью рычаги крепятся с помощью шаровых опор к кулаку со ступицей в сборе. Пружина и амортизатор могут быть как и отдельно установлены друг от друга, так и применяться в сборе как амортизационная стойка.



Рисунок 5 – Подвеска на двойных поперечных рычагах.

Главным достоинством данного типа подвески является хорошая управляемость, низкая передача шумов и вибраций на кузов и рулевое управление, возможность регулировки углов установки колес. К недостаткам можно отнести размеры подвески, приходится жертвовать подкапотным пространством и/или багажником, сложность подвески, большая трудоемкость и материалоемкость при изготовлении, следовательно, дороговизна. За счет наличия большого количества шарнирных соединений данная подвеска требовательна к обслуживанию и может быть менее надежной в эксплуатации.

Многорычажная подвеска – еще один тип подвески, применяющейся преимущественно в качестве задней на автомобилях бизнес-класса и премиальных.

Основными элементами данной подвески являются: рычаги (продольные или поперечные), кулак, подрамник, амортизатор и пружина. В зависимости от конструкции количество рычагов может быть от трех до пяти.

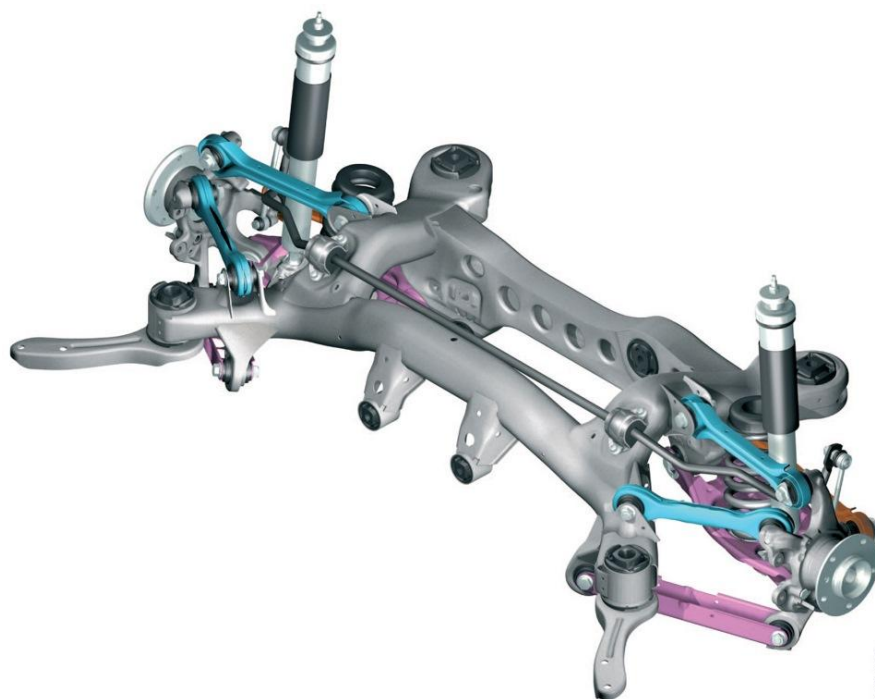


Рисунок 6 – Многорычажная подвеска.

К плюсам данной подвески относятся управляемость, устойчивость, комфорт, оптимальная кинематика даже по отношению к подвеске на двойных поперечных рычагах. К недостаткам следует отнести сложность проектирования, наличие большого количества резинометаллических шарниров, высокая стоимость изготовления и эксплуатации, низкая ремонтопригодность при использовании производителем модульной конструкции, требовательность к качеству дорог.

1.5 Обоснование выбранного проекта модернизации передней подвески

В качестве базового автомобиля выбрана LADA Granta, наиболее популярный автомобиль на российском рынке в бюджетном сегменте, на протяжении всего жизненного цикла находящейся в лидерах продаж. Данный автомобиль имеет небольшую цену, низкую стоимость владения, наличие четырех типов кузова и выбора между механической и автоматической трансмиссиями.

Конструкция подвески данного автомобиля довольно проста и ведет свою историю с середины восьмидесятых годов прошлого столетия. Спереди применяется подвеска типа «МакФерсон», без подрамника. Сзади используется полунезависимая балка. Данный выбор делает подвеску недорогой в производстве и эксплуатации, одновременно обеспечивающей приемлемые ходовые качества. Данные решения имеют некоторые недостатки, одним из которых является высокая вибронагруженность и уровень передаваемого шума от дорожного полотна.

. В данном случае целесообразно использовать уже имеющуюся элементную базу, меняя настройки и характеристики некоторых элементов. Основываясь на изложенной информации предлагается изменить управляемость и устойчивость автомобиля в лучшую сторону путем модернизации демпфирующего элемента передней подвески.

2 Конструкторская часть

2.1 Тяговый расчет автомобиля

Динамический и тяговый расчет автомобиля

Исходные данные для расчета сведены в таблице 1

Таблица 1 – Исходные данные:

Тип привода	Передний
Количество мест	5
Количество передач КПП	5
Длина транспортного средства	4352 мм.
Ширина транспортного средства	1683 мм.
Высота транспортного средства	1423 мм.
Масса транспортного средства в снаряженном состоянии	1060 кг.
Шины (размерность)	185/60 R14
Максимальная развиваемая скорость	180 км/ч
Коэффициент аэродинамического сопротивления, C_x	0,39
Коэффициент сопротивления качению, f_0	0,012
Обороты силового агрегата	$\omega_e^{\min} = 1000 \text{ об / мин}$
	$\omega_N = 5600 \text{ об / мин}$
	$\omega_e^{\max} = 6000 \text{ об / мин}$

Улучшение бюджетного автомобиля связано со многими ограничениями, основным из которых является невозможность использования передовых технических решений в силу их дороговизны. Целью данного расчета является определение основных параметров транспортного средства, таких как внешнескоростная характеристика силового агрегата, передаточные числа коробки передач, ускорение на каждой из передачи, тяговый баланс, время разгона, путь разгона,

мощностной баланс, динамическая характеристика, топливно-экономическая характеристика.

Данные используемые для тягового расчета

Масса полная автомобиля:

$$m_a = m_0 + m_{\text{ч}} n + m_6, \quad (2.1)$$

$$m_a = 1088 + 75 \cdot 5 + 10 \cdot 5 = 1513 \text{ кг}$$

Выбор типа шины:

$$r_{\text{ст}} = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H, \quad (2.2)$$

$$\frac{H}{B} = 0,65_{\text{мм}}$$

На дорогах с твердым покрытием $r_{\text{см}} \approx r_{\text{д}} \approx r_{\text{к}}$,

$$r_{\text{см}} = 0,5 \cdot 0,3556 + 0,65 \cdot 0,185 \cdot 0,65 = 0,276\text{м}$$

Расчет распределения нагрузки на каждую из осей автомобиля:

– принимаем нагрузку на переднюю ось 60% [1];

– принимаем нагрузку на заднюю ось 40% [1].

$$m_1 = 1513 \cdot 0,60 = 907,8 \text{ кг}$$

$$m_2 = 1513 \cdot 0,40 = 605,2 \text{ кг}$$

Коэффициент аэродинамического сопротивления:

$$k = \frac{c_x \cdot \rho}{2} \quad (2.3)$$

$$\rho = 1,293$$

$$k = \frac{0,32 \cdot 1,293}{2} = 0,21$$

Площадь поперечного сечения транспортного средства:

$$F = 0,8 \cdot B_{\Gamma} \cdot H_{\Gamma}, \quad (2.4)$$

$$F = 0,8 \cdot 1,680 \cdot 1,420 = 1,9 \text{ м}^2$$

КПД трансмиссии транспортного средства $\eta_{\text{тр}} = 0,92$.

Коэффициент сопротивления качению:

$$f = f_0 \left(1 + \frac{V^2}{2000} \right) \quad (2.5)$$

$$V = \frac{180 \cdot 1000}{3600} = 50 \text{ м/с}$$

$$f = 0,012 \left(1 + \frac{50^2}{2000} \right) = 0,027$$

Рассчитываем внешнюю скоростную характеристику

Мощность двигателя на максимальной скорости автомобиля:

$$N_v = \frac{1}{\eta_{\text{тр}}} G_a \cdot \psi_v \cdot V_{\text{max}} + \frac{c_x \cdot \rho}{2} \cdot F \cdot V_{\text{max}}^3 \quad (2.6)$$

Полная масса транспортного средства:

$$G_a = m_a \cdot g \quad (2.7)$$

$$G_a = 1513 \cdot 9,81 = 14842,53 \text{ Н}$$

$$\psi_v = f$$

$$N_v = \frac{1}{0,92} 14842,53 \cdot 0,027 \cdot 50 + \frac{0,32 \cdot 1,293}{2} \cdot 1,9 \cdot 50^3 =$$

$$= 75145 \text{ Вт} \quad (2.8)$$

Мощность двигателя максимальная:

$$N_{\max} = \frac{N_v}{a \cdot \lambda + b \cdot \lambda^2 - c \cdot \lambda^3} \quad (2.9)$$

$$\omega_N = \frac{\omega_{\max}}{\lambda}$$

$$\omega_N = \frac{586,43}{1,15} = 509,94 \text{ рад/сек}$$

$$N_{\max} = \frac{75145}{1 \cdot 1,15 + 1 \cdot 1,15^2 - 1 \cdot 1,15^3} = 78965 \text{ Вт}$$

Определяем скоростную характеристику:

$$N_e = N_{\max} \left(a \cdot \frac{\omega_e}{\omega_N} + b \frac{\omega_e^2}{\omega_N^2} - c \frac{\omega_e^3}{\omega_N^3} \right) \quad (2.10)$$

Строим кривую эффективного момента двигателя выполняя расчеты по формуле:

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e} \quad (2.11)$$

Выбираем значения в диапазоне $\omega_{\min} \dots \omega_{\max}$, определяем зависимость N_e ω_e и M_e ω_e . Результаты объединяем в таблицу.

Таблица 2 - Результаты внешне-скоростной характеристики

n, об/мин	800	1600	2400	3200	4000	4800	5600
w	83,43	166,49	250,98	340,1	408,74	502,66	586,43
Ne	14754,7	31669,2	48646,5	63582,1	74378,6	78933	75145
M	176,11	189,01	193,55	189,74	177,57	157,03	128,14

Построенную по рассчитанным значениям внешнюю характеристику двигателя приводим в Приложении А.

Рассчитываем передаточное число главной передачи:

$$U_0 = \frac{r_k}{U_k} \cdot \frac{\omega_{max}}{V_{max}} \quad (2.12)$$

$$n_{max} = 5600 \text{ об/мин}$$

$$\omega_{max} = \frac{5600 \cdot \pi}{30} = 586,43 \text{ рад/с}$$

$$U_k = 0,78$$

$$U_0 = \frac{0,276}{0,78} \cdot \frac{586,43}{50} = 4,15$$

Рассчитываем передаточные числа в коробке передач

«Передаточное число первой передачи» [11]

$$\frac{M_{max} \cdot \eta_{тр} \cdot U_0 \cdot U_1}{r_k} \geq G_a \cdot \psi_{max}, \quad \text{или } U_1 \geq \frac{G_a \cdot \psi_{max} \cdot r_k}{M_{max} \cdot \eta_{тр} \cdot U_0} \quad (2.13)$$

Для исключения проворота колес тяговая сила на первой передаче не должна быть больше силы сцепления колес с дорогой [5]:

$$\frac{M_{max} \cdot \eta_{тр} \cdot U_0 \cdot U_1}{r_k} \leq G_{сц} \cdot \varphi, \text{ или } U_1 \leq \frac{G_{сц} \cdot \varphi \cdot r_k}{M_{max} \cdot \eta_{тр} \cdot U_0} \quad (2.14)$$

$$G_{сц} = m_1 \cdot G_1 = 907,8 \cdot 9,81 = 8905,52$$

$$G_{сц} = 8905,52 \cdot 0,9 = 8014,97 \text{ Н}$$

$$U_1 \geq \frac{14842,53 \cdot (0,3 + 0,012) \cdot 0,276}{193,55 \cdot 0,92 \cdot 4,15} = 1,73$$

$$U_1 \leq \frac{8014,97 \cdot 0,7 \cdot 0,276}{193,55 \cdot 0,92 \cdot 4,15} = 2,1$$

Принимаем $U_1 = 2,0$.

Передаточные числа для коробки передач с пятью ступенями:

$$U_2 = \sqrt[3]{U_1^2} = 1,59 \quad (2.15)$$

$$U_3 = \sqrt[3]{U_1} = 1,28$$

$$U_4 = 1$$

$$U_5 = 0,78$$

$$U_{3X} = 1,2 \cdot U_1 = 2,4$$

Рассчитываем скорость автомобиля для каждой передачи:

$$V = \frac{r_k \cdot \omega_e}{U_0 \cdot U_n} \quad (2.16)$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 3.

Таблица 3 – Скорость автомобиля для каждой передачи

n, об/мин	1	2	3	4	5
800	2,79	3,5	4,46	5,57	7,14
1600	5,57	7,01	8,91	11,14	14,29
2400	8,36	10,51	13,37	16,71	21,43
3200	11,14	14,02	17,83	22,29	28,57
4000	13,93	17,52	22,29	27,86	35,72
4800	16,71	21,03	26,74	33,43	42,86
5600	19,5	24,53	31,2	39	50

Определение тягового баланса транспортного средства

Уравнение тягового баланса:

$$P_T = P_d + P_v + P_i \quad (2.17)$$

Для расчета силы тяги на ведущих колесах используем следующую формулу:

$$P_T = \frac{U_k \cdot U_0 \cdot M_e \cdot \eta_{тр}}{r_k} \quad (2.18)$$

Определяем тяговую силу на ведущих колесах автомобиля. Результат расчетов объединяем в таблицу 4.

По значениям силы тяги на ведущих колесах в таблице 4 разрабатываем график тягового баланса, показанный в Приложении А.

Таблица 4 – «Тяговая сила на ведущих колесах» [11]

п, об/мин	1	2	3	4	5
800	4872	3874	3045	P_d 2436	1900
1600	5229	4157	3268	2615	2039
2400	5355	4257	3347	2677	2088
3200	5249	4173	3281	2625	2047
4000	4913	3906	3070	2456	1916
4800	4344	3454	2715	2172	1694
5600	3545	2818	2216	1773	1399

Сила сопротивления дороги:

$$P_d = G_a \cdot \psi \quad (2.19)$$

$$\psi = i + f_0 \left(1 + \frac{v^2}{2000} \right)$$

Сила сопротивления воздуха:

$$P_B = \frac{c_x \cdot \rho \cdot F \cdot V^2}{2} \quad (2.20)$$

Полученные значения заносим в таблицу 5.

Таблица 5 – Сила сопротивления и сила дорожного покрытия

п, об/мин	P_B	P_d	$P_{сум}$
800	20	178	198
1600	82	193	275
2400	183	223	406
3200	326	252	578
4000	509	297	806

Продолжение таблицы 5

n, об/мин	P_B	P_D	$P_{\text{сум}}$
4800	733	341	1074
5600	998	401	1399

Разгон транспортного средства

Ускорение при разгоне считаем для варианта движения транспортного средства по дороге с твердым покрытием, мощность двигателя максимальная, проскальзывание колес отсутствует [3]. Дорога горизонтальная ($i=0$).

Ускорение рассчитывают из выражения:

$$J = \frac{D - f \cdot g}{\delta_{\text{вр}}} \quad (2.21)$$

$$\delta_{\text{вр}} = 1 + \frac{I_M \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot U_{\text{тр}}^2 + I_K \cdot g}{G_a \cdot r_k^2} \quad (2.22)$$

Рассчитываем коэффициент вращающихся масс по следующей формуле:

$$\delta_{\text{вр}} = 1 + \delta_1 + \delta_2 \cdot U_K^2 \quad (2.23)$$

Принимаем $\delta_1 = \delta_2 = 0,04$.

Определяем коэффициент вращающихся масс двигателя и колес на каждой передаче и результат объединим в таблицу 6.

Таблица 6 - Коэффициент вращения на каждой передаче.

1	2	3	4	5
1,2	1,14	1,1	1,08	1,06

Определяем коэффициент сопротивления качению на каждой из передач:

$$f = f_0 \left(1 + \frac{v^2}{2000} \right) \quad (2.24)$$

$$f_0 = 0,012$$

Таблица 7 – Коэффициент сопротивления качению на каждой из передач

n, об/мин	1	2	3	4	5
800	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
1600	0,012	0,012	0,012	0,013	0,013
2400	0,012	0,013	0,013	0,014	0,015
3200	0,013	0,013	0,014	0,015	0,017
4000	0,013	0,014	0,015	0,017	0,02
4800	0,014	0,015	0,016	0,019	0,023
5600	0,014	0,016	0,018	0,021	0,027

Определяем ускорения транспортного средства на каждой передаче, результаты объединим в таблицу 8.

Таблица 8 – Ускорение автомобиля на каждой передаче

n, об/мин	1	2	3	4	5
800	2,58	2,14	1,71	1,37	1,05
1600	2,77	2,29	1,83	1,45	1,09
2400	2,83	2,33	1,85	1,45	1,05
3200	2,76	2,26	1,77	1,35	0,91
4000	2,56	2,07	1,59	1,16	0,69
4800	2,22	1,77	1,31	0,89	0,38

Продолжение таблицы 8

п, об/мин	1	2	3	4	5
5600	1,75	1,36	0,94	0,52	0,16

По рассчитанным результатам ускорений в таблице 8 разрабатываем график тягового баланса, показанный в Приложении А.

Определяем обратные ускорения.

$$V = (0,8 \dots 0,9)V_{max} \quad (2.25)$$

Таблица 9 – Значения обратного ускорения

п, об/мин	1	2	3	4	5
800	0,39	0,47	0,58	0,73	0,95
1600	0,36	0,44	0,55	0,69	0,91
2400	0,35	0,43	0,54	0,69	0,95
3200	0,36	0,44	0,57	0,74	1,1
4000	0,39	0,48	0,63	0,86	1,44
4800	0,45	0,56	0,76	1,13	2,6
5600	0,57	0,74	1,07	1,92	5

По результатам расчетов обратных ускорений в таблице 9 строим разрабатываем график тягового баланса, показанный в Приложении А.

Динамическая характеристика транспортного средства

Динамический фактор на соответствующей передаче:

$$D = \frac{P_T - P_B}{G_a} \quad (2.26)$$

Определяем динамический фактор на каждой передаче и результат объединим в таблицу 10.

Таблица 10 – Расчет динамического фактора на каждой передаче

n, об/мин	1	2	3	4	5
800	0,331	0,259	0,203	0,179	0,13
1600	0,342	0,28	0,221	0,168	0,135
2400	0,367	0,279	0,224	0,165	0,131
3200	0,349	0,281	0,209	0,158	0,119
4000	0,33	0,25	0,189	0,146	0,09
4800	0,283	0,219	0,167	0,115	0,063
5600	0,231	0,169	0,119	0,069	0,027

Результаты, полученные во время расчета приводим в таблице. Для построения графика динамической характеристики автомобиля используем данные силового баланса.

«Графически характеристика отображает зависимость динамического фактора от скорости движения на различных передачах коробки передач.» [11]

Все расчеты выполняются для полностью загруженного транспортного средства.

Результаты, полученные во время расчета сводим в таблицу. Выполняем построение динамической характеристики транспортного средства, основываясь на значениях силового баланса. Графически характеристика отображает зависимость динамического фактора от скорости движения транспортного средства, на различных передачах коробки передач. Все расчеты выполняются для полностью загруженного транспортного средства.

«Путь и время разгона транспортного средства» [11]

«Интегрирование заменяем суммой конечных величин» [11]

$$v_{\text{мин}} = 2,79 \text{ м/с}$$

$$v_{\text{макс}} = 50 \text{ м/с}$$

$$50 - 2,79 = 47,21$$

$$47,21/8 = 5,90$$

Из графика обратных ускорений определяем величину $1/J$, значения объединяем в таблицу 11:

$$t = 0,35 \cdot 5,90 = 2,07 \text{ с} \quad (2.27)$$

$$t = 0,3 \cdot 5,90 + 2,07 = 3,84 \text{ с}$$

$$t = 0,45 \cdot 5,90 + 3,84 = 6,49 \text{ с}$$

$$t = 0,7 \cdot 5,90 + 6,49 = 10,62 \text{ с}$$

$$t = 1,1 \cdot 5,90 + 10,62 = 17,11 \text{ с}$$

$$t = 1,8 \cdot 5,90 + 17,11 = 27,74 \text{ с}$$

$$t = 2,95 \cdot 5,90 + 27,74 = 45,14 \text{ с}$$

$$t = 5 \cdot 5,90 + 45,14 = 74,65 \text{ с}$$

Таблица 11 – Значения диапазона скоростей от времени и обратного ускорения.

Диапазон скоростей, м/с	$1/J$	Время, с
0 - 8,69	0,34	2,06
0 - 14,59	0,31	3,83
0 - 20,49	0,44	6,48
0 - 26,40	0,71	10,61
0 - 32,30	1,15	17,1
0 - 38,20	1,81	27,73
0 - 44,10	2,94	45,13
0 - 50,00	5	74,66

Путь разгона:

$$v_{cp} = \frac{8,69}{2} = 4,35 \text{ м/с} \quad (2.28)$$

$$v_{cp} = \frac{(14,59 - 8,69)}{2} + 8,69 = 11,64 \text{ м/с}$$

$$v_{cp} = \frac{(20,49 - 14,59)}{2} + 14,59 = 17,54 \text{ м/с}$$

$$v_{cp} = \frac{(26,40 - 20,49)}{2} + 20,49 = 23,44 \text{ м/с}$$

$$v_{cp} = \frac{(32,30 - 26,40)}{2} + 26,40 = 29,35 \text{ м/с}$$

$$v_{cp} = \frac{(38,20 - 32,30)}{2} + 32,30 = 35,25 \text{ м/с}$$

$$v_{cp} = \frac{(44,10 - 38,20)}{2} + 38,20 = 41,15 \text{ м/с}$$

$$v_{cp} = \frac{(50,0 - 44,10)}{2} + 44,10 = 47,05 \text{ м/с}$$

«График зависимости времени разгона от скорости автомобиля» [11]
см. Приложения А.

Значение t берем из таблицы 11.

$$S = v_{cp} \cdot \Delta t \quad (2.29)$$

$$S_1 = 4,35 \cdot 2,07 = 9 \text{ м}$$

$$S_2 = 11,64 \cdot (3,84 - 2,07) + 9 = 29,6 \text{ м}$$

$$S_3 = 17,54 \cdot (6,49 - 3,84) + 29,6 = 76,1 \text{ м}$$

$$S_4 = 23,44 \cdot (10,62 - 6,49) + 76,1 = 172,9 \text{ м}$$

$$S_5 = 29,35 \cdot (17,11 - 10,62) + 172,9 = 363,4 \text{ м}$$

$$S_6 = 35,25 \cdot (27,74 - 17,11) + 363,4 = 738,1 \text{ м}$$

$$S_7 = 41,15 \cdot (45,14 - 27,74) + 738,1 = 1454,1 \text{ м}$$

$$S_8 = 47,05 \cdot (74,65 - 45,14) + 1454,1 = 2842,5 \text{ м}$$

Таблица 12 – Значение для графика путь разгона

V, м/с	S, м	Время, с
0 - 8,68	8,98	2
0 - 14,61	29,58	3,77
0 - 20,52	76,09	6,45
0 - 26,38	173	10,56
0 - 32,29	362,9	17,15
0 - 38,18	737,8	27,77
0 - 44,13	1453,7	45,03
0 - 50,07	2839,4	74,54

По данным из таблицы 12 выполняем построение графика зависимости пути разгона от скорости.

«Топливо-экономическая характеристика» [11]

$$q_{\text{п}} = \frac{k_{\text{СК}} \cdot k_{\text{и}} \cdot P_{\text{д}} + P_{\text{и}} \cdot g_{\text{emin}} \cdot 1,1}{36000 \cdot \rho_{\text{T}} \cdot \eta_{\text{TP}}} \quad (2.30)$$

Результаты расчетов объединяем в таблицу 13 и показываем графическим способом в виде зависимости путевого расхода топлива от скорости движения транспортного средства.

Таблица 13 – Путевой расход топлива от движения автомобиля

V, м/с	7,04	14,39	21,52	28,46	34,99	42,51	50
$\omega_{\text{e}}/\omega_{\text{N}}$	0,15	0,31	0,49	0,64	0,81	0,99	1,13
$k_{\text{СК}}$	1,11	1,03	0,97	0,95	0,94	1,01	1,11
$(N_{\text{в}} + N_{\text{д}})/N_{\text{T}}$	0,1	0,14	0,18	0,29	0,43	0,65	1,03
$k_{\text{и}}$	2,51	2,46	2,01	1,54	1,26	0,93	1,01
$q_{\text{п}}$	8,71	10,89	12,61	13,63	15,15	16,15	24,33

Мощностной баланс транспортного средства

Мощностной баланс определяем по следующей формуле:

$$N_T = N_e - N_{тр} = N_f + N_{п} + N_B + N_{и} \quad (2.31)$$

Результаты расчета объединяем в таблицу 14 мощностного баланса.

Таблица 14 – Мощностного баланс

$v, \text{ м/с}$	7,14	14,29	21,43	28,57	35,72	42,86	50
$N_e, \text{ тыс. Вт}$	14755	31669	48647	63582	74379	78933	75145
$N_T, \text{ тыс. Вт}$	13574	29136	44755	58496	68428	72618	69133
$N_B, \text{ тыс. Вт}$	142,87	1171,5	3921,6	9314,5	18179	31416	49901
$N_d, \text{ тыс. Вт}$	1272,3	2756,5	4771,1	7209,3	10602	14631	20038
Сумма: N_B, N_d	1415,2	3927,9	8692,6	16524	28781	46047	69940
$(N_B + N_d)/N_T$	0,1	0,13	0,19	0,28	0,42	0,63	1,01

По расчетным значениям таблицы 14 строим график мощностного баланса. График представлен в Приложении А.

2.2 Определение компоновочной схемы передней подвески

Передняя подвеска автомобиля Lada Granta состоит из кованых рычагов с резинометаллическими шарнирами в сборе, кованного поворотного кулака, рычаг и кулак соединяются с помощью шаровой опоры, которая с помощью двух болтов крепится на кулаке и с помощью конусной посадки соединяется с рычагом. Рычаг крепится на кузове с через резинометаллические шарниры. Подрамник в данной конструкции отсутствует. Кулак с помощью двух болтов соединяется с амортизационной

стойкой. Стойка является несущей, на корпусе стойки приварены клемма для соединения с кулаком и поворотный рычаг для крепления рулевой тяги. Стойка в сборе представляет из себя модульную конструкцию которая состоит из самой стойки, пружины, буфера хода сжатия с кожухом в сборе, подшипника верхней опоры и самой верхней опоры с ограничителями. Пружина является бочкообразной с прогрессивной характеристикой, на верхнем витке пружины устанавливается резиновая прокладка, снижающая передачу шумов на кузов, и исключая металлический шум от контакта пружины с верхней опорой стойки. На кузове стойка крепится с помощью верхней опоры. В конструкции подвески имеется стабилизатор, который крепится на кузове с помощью специальных резиновых втулок и штампованных кронштейнов, а наружными концами на рычагах посредством стоек стабилизатора. Стойка стабилизатора в данной подвески имеет простую конструкцию и состоит из двух металлических проушин с резинометаллическими шарнирами, соединенными между собой металлическим прутком. В конструкции подвески имеются две продольные растяжки соединяющих рычаг с передней частью кузова. Данные растяжки необходимы для ограничения продольного перемещения рычага и снижения нагрузки на его резинометаллические шарниры, а также позволяют регулировать продольный угол наклона оси поворота колеса (кастор).

Учитывая бюджетный сегмент автомобиля, отработанную временем технологию производства данного автомобиля, ограничения финансирования, в данной работе предлагается модернизировать переднюю подвеску легкового автомобиля второго класса (Lada Granta) путем изменения демпфирующей характеристики амортизационной стойки передней подвески. Данное решение не потребует большой подготовки производства, а эффект от его внедрения будет заметен потребителю.

2.3 Определение характеристик демпфирования колебаний и неподрессоренных масс транспортного средства

Исходные данные для выполнения расчетов определяем на основании скоростной характеристики показанной на рисунке 7. Для определения значений усилий демпфирования и отображения их в чертеже используются фиксированные точки при скоростях 0,105 м/с и 0,314 м/с. Для этих же точек задано предельное изменение усилий демпфирования после испытаний на долговечность.

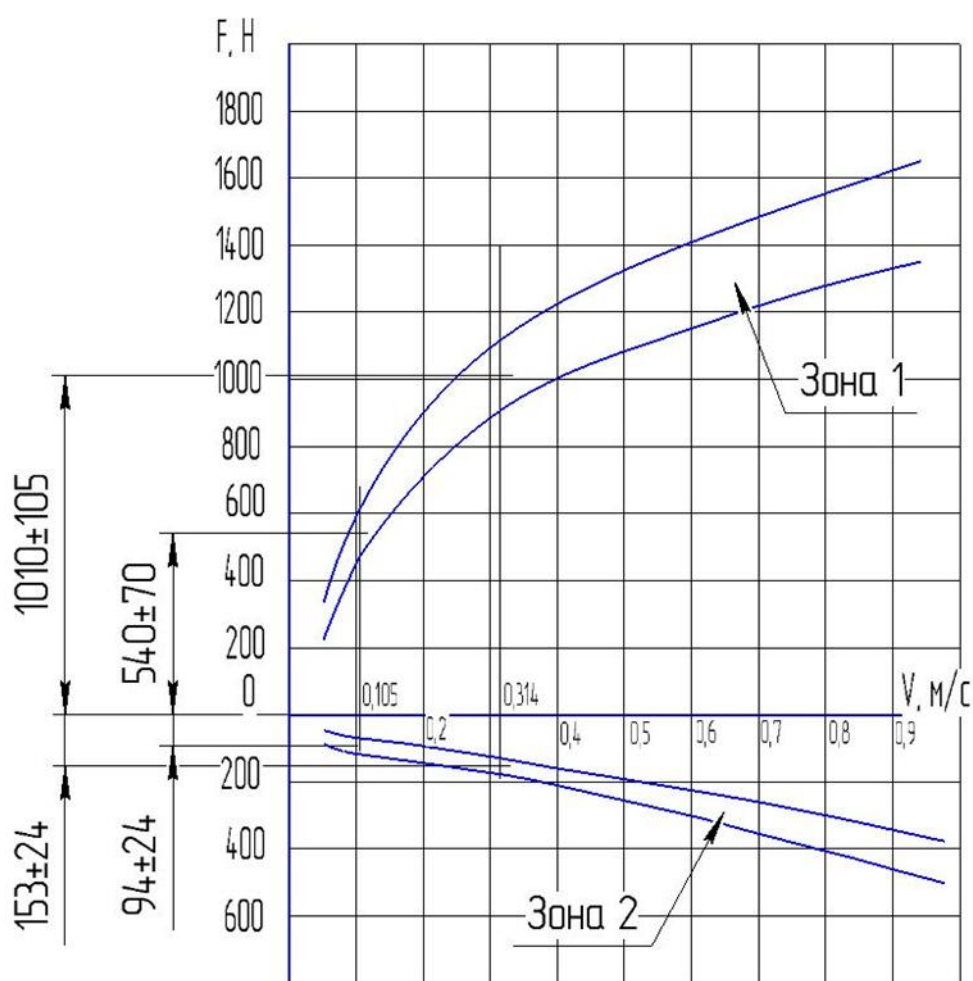


Рисунок 7 – Скоростная характеристика стойки передней подвески

Средний коэффициент демпфирования:

$$K_{CT} = \frac{F_{сж} + F_{отб}}{2 \cdot v} \quad (2.32)$$

где « $F_{сж}$ - усилие амортизаторной стойки на сжатие в первой контрольной точке» [7]

« $F_{отб}$ - усилие амортизаторной стойки на отбой в первой контрольной точке» [7]

« v - скорость движения штока стойки» [7]

Средний коэффициент демпфирования на дроссельном режиме:

$$K_{DCT} = \frac{94 + 5400}{2 \cdot 0,105} = 3019 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}$$

Средний коэффициент демпфирования на клапанном режиме:

$$K_{KCT} = \frac{153 + 1010}{2 \cdot 0,314} = 1852 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}$$

«Средний коэффициент демпфирования с учетом передаточного отношения» [7]

$$K = \frac{K_{CT}}{i_{CT}^2} \tag{2.33}$$

где: « i_{CT} - передаточное отношение амортизаторной стойки» [7]

Для LADA GRANTA $i_{CT} = 1.054$

«Средний коэффициент демпфирования с учетом передаточного отношения для дроссельного режима» [7]

$$K_D = \frac{K_{DCT}}{i_{CT}^2} = \frac{3019}{1,054^2} = 2718 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}$$

Средний коэффициент демпфирования с учетом передаточного значения для клапанного режима:

$$K_K = \frac{K_{KCT}}{i_{CT}^2} = \frac{1852}{1,054^2} = 1667 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}$$

«Коэффициент относительного демпфирования поддрессоренной и неподдрессоренной массы автомобиля» [7]

$$\psi_{\Pi} = \frac{K}{2 \cdot \sqrt{m_{\Pi} \cdot C_Z}} \quad (2.34)$$

где « K - коэффициент демпфирования стойки в отношении колеса» [7]

« m_{Π} - поддрессоренная масса для одного колеса» [7]

« C_Z - вертикальная жесткость передней подвески» [7]

«Поддрессоренная масса для одного колеса» [7]

$$m_{\Pi} = \frac{m_{\text{ПП}}}{2} - m_{\text{Н}} \quad (2.35)$$

где « $m_{\text{ПП}}$ - масса, приходящаяся на переднюю ось при полной загрузке» [7]

Для LADA GRANTA $m_{\text{ПП}} = 756,5 \text{ кг}$.

$m_{\text{Н}}$ - «неподдрессоренная масса, приходящаяся на одно колесо передней оси» [7]

Для LADA GRANTA $m_{\text{Н}} = 37 \text{ кг}$.

$$m_{\Pi} = \frac{750}{2} - 37 = 341,3 \text{ кг}$$

«Вертикальная жесткость передней подвески» [7]

$$C_Z = \frac{C_{\text{ПП}}}{i_{\text{СТ}}^2} + C_{\text{Ш}} \quad (2.36)$$

где « $C_{\text{ПР}}$ – жесткость пружины» [7]

Согласно чертежу $C_{\text{ПР}} = 18.6 \text{ кН/м}$

« $C_{\text{Ш}}$ - жесткость шарниров подвески, приведенная к колесу. Обычно находится в пределах 1..3 кН/м.» [7]

Для данных расчетов примем $C_{\text{Ш}} = 2 \text{ кН/м}$

$$C_z = \frac{18.6}{1.054^2} + 2 = 18,74 \text{ кН/м}$$

Коэффициент относительного демпфирования колебаний поддресоренной массы для дроссельного режима:

$$\psi_{\text{ПД}} = \frac{K_D}{2 \cdot \sqrt{m_{\text{П}} \cdot C_z}} = \frac{2718}{2 \cdot \sqrt{341,3 \cdot 18740}} = 0,54$$

Коэффициент относительного демпфирования колебаний поддресоренной массы для клапанного режима:

$$\psi_{\text{ПК}} = \frac{K_K}{2 \cdot \sqrt{m_{\text{П}} \cdot C_z}} = \frac{1365}{2 \cdot \sqrt{341,3 \cdot 18740}} = 0,33$$

Вышеприведенные расчет корректен для одноименного хода подвески, когда правое и левое колесо двигаются одновременно на сжатие или на отбой. При разноименном ходе подвески необходимо учесть влияние стабилизатора поперечной устойчивости. Выполняем расчет для данного случая.

Вертикальная жесткость подвески:

$$C_z = \frac{C_{\text{ПР}}}{i_{\text{СТ}}^2} + C_{\text{Ш}} + C_{\text{СТЗ}} \quad (2.37)$$

где « $C_{\text{СТЗ}}$ - вертикальная жесткость от стабилизатора на колесе» [7]

«Вертикальная жесткость от стабилизатора на колесе» [7]

$$C_{\text{СТЗ}} = \frac{C_{\text{СТ0}} \cdot b_G}{i} \quad (2.38)$$

где « $C_{cт0}$ - жесткость штанги стабилизатора поперечной устойчивости» [7]

« $b_G = 0,9$ - коэффициент, учитывающий влияние подушек крепления штанги стабилизатора к кузову» [7]

« i - передаточное число штанги стабилизатора к колесу» [7]

Для LADA GRANTA $i = 1.87$.

Жесткость стабилизатора:

$$C_{cт0} = \frac{d^4 \cdot 6.18 \cdot 10^5}{2 \cdot l_0^3 + l_5^2 \cdot L_S + 7.78 \cdot l_2 \cdot l_7^2 - 2 \cdot l_4^3}$$

На рисунке 8 представлена расчетная схема стабилизатора поперечной устойчивости. Размеры l_i определяем согласно данной схеме.

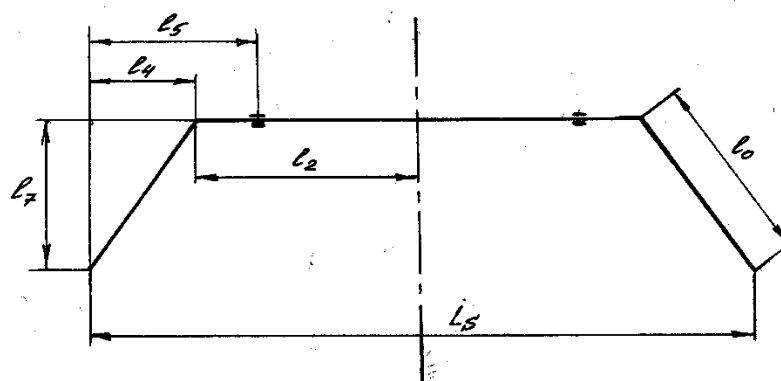


Рисунок 8 – Расчетная схема стабилизатора поперечной устойчивости

Крайние точки на схеме – это места фиксации стоек крепления стабилизатора на рычаге передней подвески. Значения l_i определяем в соответствии с конструкторской документацией на стабилизатор поперечной устойчивости и на монтажный чертеж передней подвески:

$$\begin{aligned}
l_0 &= 230.7 \text{ мм}; \\
l_2 &= 380 \text{ мм}; \\
l_4 &= 150 \text{ мм}; \\
l_5 &= 170 \text{ мм}; \\
l_7 &= 192 \text{ мм}; \\
L_s &= 1060 \text{ мм}; \\
d &= 22 \text{ мм}.
\end{aligned}$$

Жесткость штанги стабилизатора:

$$C_{CTO} = \frac{0,022^4 \cdot 6.18 \cdot 10^5}{2 \cdot 0,2307^3 + 0,170^2 \cdot 1,06 + 7.78 \cdot 0,38 \cdot 0,192^2 - 2 \cdot 0,15^3} = 92 \text{ кН/м}$$

Жесткость штанги стабилизатора, приведенная к колесу для одноименного хода подвески:

$$C_{CTZ} = \frac{92 \cdot 0,9}{1,87} = 44,26 \text{ кН/м}$$

Жесткость штанги стабилизатора для разноименного хода подвески:

$$C_{CTZ}^* = \frac{C_{CTZ}}{2} = \frac{44,26}{2} = 22,13 \text{ кН/м}$$

Жесткость подвески для разноименного хода:

$$C_z = \frac{18,6}{1,054^2} + 2 + 22,13 = 40,9 \text{ кН/м}$$

Определяем демпфирование колебаний неподрессоренных масс с учетом пересчитанных значений жесткости подвески.

Коэффициент относительного демпфирования колебаний поддрессоренной массы для дроссельного режима:

$$\psi_{PD} = \frac{K_D}{2 \cdot \sqrt{m_{II} \cdot C_z}} = \frac{2718}{2 \cdot \sqrt{341,25 \cdot 40900}} = 0,36$$

Коэффициент относительного демпфирования колебаний поддрессоренной массы для клапанного режима:

$$\psi_{PK} = \frac{K_K}{2 \cdot \sqrt{m_{II} \cdot C_z}} = \frac{1667}{2 \cdot \sqrt{341,25 \cdot 40900}} = 0,22$$

Полученные значения коэффициентов демпфирования находятся в оптимальном пределе от 0,24 до 0,31 с точки зрения обеспечения максимальной плавности хода и комфорта транспортного средства. Учитывая тенденции в современном автомобилестроении, ориентированность на улучшение управляемости и активной безопасности, необходимо увеличить значения коэффициентов относительного демпфирования. Увеличение жесткости позволит улучшить курсовую устойчивость и безопасность, при незначительном ухудшении плавности хода автомобиля, что и является одной из основных задач дипломного проекта.

Принимаем значение относительного демпфирования колебаний равным:

$$\psi_{ПК} = \frac{K_K}{2 \cdot \sqrt{m_{\Pi} \cdot C_Z}} = 0.27$$

Средний коэффициент демпфирования определяем по формуле:

$$K_K = \psi_{ПК} \cdot \sqrt{m_{\Pi} \cdot C_Z} \quad (2.39)$$

$$K_K = 0.27 \cdot \sqrt{341,25 \cdot 40900} = 2016,7 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}$$

Для удобства дальнейших расчетов округляем полученное значение до $K_K = 2017 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}$.

Для обеспечения увеличения среднего коэффициента демпфирования, предлагается увеличить усилие демпфирования амортизатора на ходе сжатия, т.к. усилие на ходе отбоя велико и его дальнейшее увеличение нецелесообразно.

Требуемое значение усилие демпфирование амортизатора на ходе сжатия:

$$K_{КСТ} = \frac{F_{сж} + 1010}{2 \cdot 0,314} = 2017 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}$$

$$F_{сж} = K_{КСТ} \cdot 2 \cdot \nu \rhd F_{отб}$$

$$F_{сж} = 0,017 \cdot 2 \cdot 0,314 \cdot 1010 = 256,7 \text{ Н}$$

Усилие демпфирования амортизаторов на ходе сжатия обеспечивается конструкцией клапана сжатия, а именно дисками в данном клапане. В зависимости от требуемых значений усилий демпфирования количество, толщина и наличие дроссельных отверстий в дисках обеспечивает эти значения. В автомобилях LADA применяются диски толщиной 0,1 мм. Жесткость диска зависит от толщины, зависимость кубическая.

Определяем жесткость диска по формуле:

$$C_d = a^3 \cdot y \quad (2.40)$$

где « a - толщина диска клапана сжатия» [7]

« y - коэффициент, зависящий от материала, размеров, шероховатости поверхности и других параметров диска» [7]

Для упрощения расчета предлагается изменять жесткость диска за счет его толщины для получения оптимальных параметров.

Жесткость набора дисков клапана можно определить по формуле, исходя из количества дисков равного трем:

$$C_{СЖ} = C_{d1} + C_{d2} + C_{d3} \quad (2.41)$$

$$C_{СЖБ} = 0,1^3 \cdot y + 0,1^3 \cdot y + 0,1^3 \cdot y = 0,003 \cdot y$$

Согласно нашим требованиям, для увеличения усилий демпфирования на сжатие, предлагается увеличить толщину одного из дисков с 0,1 мм до 0,12 мм и выполнить повторный расчет суммарной жесткости:

$$C_{СЖП} = 0,1^3 \cdot y + 0,1^3 \cdot y + 0,12^3 \cdot y = 0,00373 \cdot y$$

Рассчитываем коэффициент показывающий во сколько раз увеличиваются усилия демпфирования амортизатора относительно базового варианта при изменении толщины одного из дисков в клапане сжатия:

$$C_{сжП} / C_{сжБ} = 0,00373 \cdot y / 0,003 \cdot y = 1,243$$

Усилие демпфирования на ходе сжатия проектируемого амортизатора:

$$F_{сжП} = 1,243 \cdot F_{сжК} = 190 \text{ Н}$$

Средний коэффициент демпфирования для проектируемого варианта:

$$K_{кст} = \frac{190 + 1010}{2 \cdot 0,314} = 1911 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}$$

Коэффициент относительного демпфирования колебаний подрессоренных масс для проектируемого варианта:

$$\psi_{пк} = \frac{1911}{2 \cdot \sqrt{341,25 \cdot 40900}} = 0,26$$

Полученные значения для проектируемого варианта выше чем значения для базового варианта, что должно положительно сказаться на поведении транспортного средства.

Для подтверждения эффективности проектируемого варианта, выполним проверочный расчет коэффициента относительного демпфирования колебаний подрессоренных масс на клапанном режиме:

$$\psi_{пк} = \frac{1911}{2 \cdot \sqrt{341,25 \cdot 18740}} = 0,38$$

Результаты расчета показывают, что значения выше чем при исходном варианте, что должно улучшить управляемость и устойчивость транспортного средства, а также активную безопасность и удовольствие от вождения, при незначительном ухудшении плавности хода.

Данный расчет является первоочередным при модернизации и показывает верность направления модернизации..

3. Безопасность и экологичность технического объекта

3.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта

3.1.1 Анализ влияния модернизации передней подвески на параметры устойчивости, управляемости и плавности хода автомобиля

Потребительскими свойствами в большей степени зависящими от конструкции подвески транспортного средства являются управляемость, курсовая устойчивость и плавность хода. Активная безопасность, т.е. безопасность при управлении по большей части зависит от этих свойств. В зависимости от класса автомобиля одни из этих свойств могут быть лучше или наоборот хуже. Например, плавность хода автомобилей представительского класса значительно выше чем у спортивных болидов, однако в то же время они серьезно уступают им в управляемости. В современной отрасли производители пытаются улучшить одновременно все три указанные выше потребительские свойства своих автомобилей за счет использования адаптивных или как еще их называют «умных» подвесок.

Конструктивные изменения подвески рассматриваемые в рамках настоящей работы направлены на повышение управляемости и курсовой устойчивости легкового транспортного средства. Требуемого результата позволяет добиться подбор более оптимальной характеристики демпфера передней подвески.

3.1.2 Управляемость и устойчивость транспортного средства

«Способность автомобиля изменять и сохранять направление движения при повороте руля называется управляемостью. А способность автомобиля двигаться без потери сцепления колес с поверхностью дороги называют устойчивостью.» [3]

Требования к данным свойствам автомобиля определяемые законодательством описаны в ГОСТ Р 52302-2004 «Автотранспортные

средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний».

«При сертификации автомобиля проверяются усилие на рулевом колесе, стабилизация рулевого управления, устойчивость при испытании рывок, управляемость и устойчивость при испытаниях поворот и переставка. На не движущемся автомобиле усилие руля не должно превышать 60 Н, во время движения для автомобиля с установленным усилителем руля усилия не должно превышать 150 Н, а в случае его неисправности не более 300 Н. Испытание поворот и переставка необходимо производит при скоростях 72 и 83 км/ч соответственно.» [3]

Рассматриваемые в рамках настоящей работы изменения демпфирующего элемента подвески своей целью имеют улучшение показателей управляемости и устойчивости. Таким образом принимая во внимание, что базовый автомобиль уже соответствовал требованиям ГОСТ, можно быть уверенным, что и автомобиль с модернизированной подвеской также будет удовлетворять его требованиям.

3.1.3 Шум внутренний

«Шумом называют беспорядочные колебания различной физической природы отличающиеся сложной временной и спектральной структурой.» [7]

В настоящее время в отрасли уменьшения уровня внешнего и особенно внутреннего шума автомобилей является одним из важнейших направлений развития. В общем восприятии комфорта автомобиля потребителем шум играет одну из основных ролей. Даже непродолжительное воздействие шума на человека вызывает утомляемость, а длительное способно уменьшить концентрацию и внимательности, что может повлечь за собой аварийную ситуацию на дороге.

Требования к внутреннему шуму автомобиля определяемые законодательством описаны в ГОСТ Р 51616-2000 «Автомобильные транспортные средства. Шум внутренний. Допустимые уровни и методы испытаний». Нормируются следующие показатели шумов:

- 1) Уровень шума во время разгона;
- 2) Уровень шума во время движения с постоянной скоростью;
- 3) Уровень шума климатических и вентиляционных систем автомобиля.

«Уровень шума для грузовых автомобилей междугородного и международного направлений может быть не более 80 дБА, для остальных грузовых, а также легковых транспортных средств не более 78 дБА. Допустимое отклонение значения внутреннего шума составляет 2 дБА.» [3]

Рассматриваемые в рамках настоящей работы изменения демпфирующего элемента подвески не должны изменить величину внутреннего шума транспортного средства. Таким образом принимая во внимание, что базовый автомобиль уже соответствовал требованиям ГОСТ, можно утверждать, что автомобиль с изменённой подвеской будет удовлетворять требованиям по шуму.

3.1.4 Плавность хода

«Плавность хода определяет возможность движения автомобиля по дорогам с различными неровностями с минимальными колебаниями кузова.» [3]

«Физическая утомляемость водителя, а также пассажиров, сохранность перевозимого груза, а также, в целом, долговечность конструкции автомобиля зависят от показателей плавности хода.» [3]

На величину плавности хода транспортного средства могут оказывать влияние такие параметры как массогабаритные характеристики, размерность шин, развесовка, и даже характеристики сидений.

Требования к плавности хода автомобиля определяемые законодательством описаны в ОСТ 37.001.275 «Автотранспортные средства. Методы испытаний на плавность хода» и ОСТ 37.001.291 «Автотранспортные средства. Технические нормы плавности хода».

Рассматриваемые в рамках настоящей работы изменения демпфирующего элемента подвески могут некоторым образом уменьшить

показатели плавность хода автомобиля, однако прогнозируемое снижение принимая во внимание характеристики подобных автомобилей можно считать приемлемым и допустимым. С большой вероятностью автомобиль с измененной конструкцией подвески будет иметь плавность хода требуемую вышеуказанными стандартами.

3.1.5 Технологический паспорт передней подвески

Оформим технологический паспорт передней подвески в соответствии с существующим технологическим процессом монтажа подвески.

Таблица 15 – Технологический паспорт передней подвески

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Установка передней подвески	Установка стойки передней подвески	Слесарь механо-сборочных работ, 1 человек	Приспособление для установки стойки ПУ-17, пневмогайковерт JTC-3921	Стойка передней подвески, крепежные элементы
Установка передней подвески	Установка стабилизатора передней подвески	Слесарь механосборочных работ	Приспособления для установки стойки	Стойка передней подвески

3.2 Идентификация профессиональных рисков

3.2.1 Описание рабочего места

«Под рабочим местом понимают зону, закреплённую за каждым работником (или группой работников) предприятия или участок с установленным на нём производственным оборудованием.» [16]

«Каждое рабочее место обладает своей спецификой, которая обуславливается выполняемой на данном рабочем месте частью производственного процесса.» [16]

Монтаж передней подвески выполняется на определённом участке конвейера, в закрытом помещении, оборудованном инструментами и приспособлениями, имеющий места хранения входящих узлов и крепежа. Геометрия конвейерной линии выполнена таким образом, чтобы обеспечить положение кузова оптимальным с точки зрения эргономики выполняющего работу персонала.

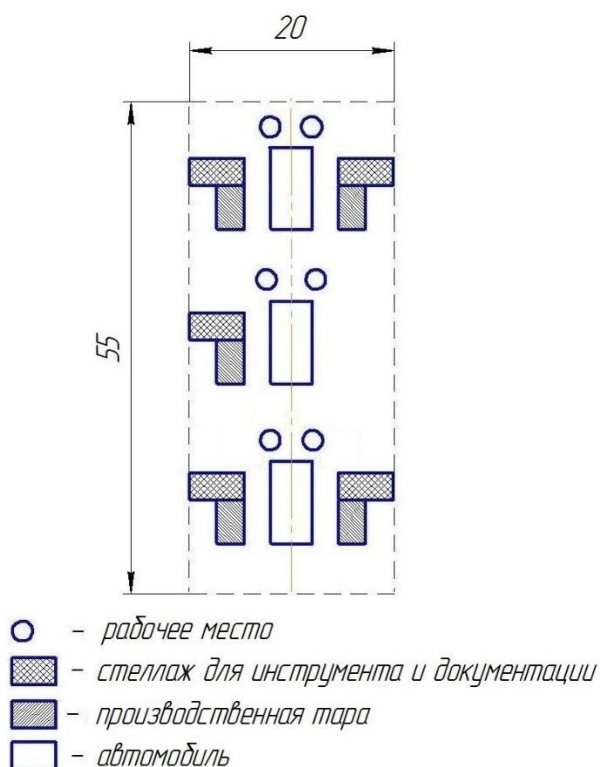


Рисунок 9 - Схема участка установки передней подвески

3.2.2 Идентификация профессиональных рисков на сборочном участке

«Различают опасные и вредные факторы. Опасные производственные факторы могут вызвать травмирование работников, а вредные способствуют развитию у работников профессиональных заболеваний.» [16]

«Вредные и опасные производственные факторы можно разделить на химические; физические; психофизиологические и биологические.» [16]

«Химические факторы классифицируются по характеру воздействия (токсические, раздражающие, мутагенные, канцерогенные и др.) и способу проникновения в организм человека (через органы дыхания, через желудочно-кишечный тракт, через кожные покровы и слизистые оболочки).» [16]

«К физическим опасным и вредным производственным факторам относят электрический ток, вибрации, критические значения температуры, а также шум и др.» [16]

«Под психофизиологическими факторами понимают физические и эмоциональные перегрузки, умственное перенапряжение, монотонность труда и др.» [16]

«К биологическим опасным и вредным производственным факторам относятся патогенные микроорганизмы, а также продукты их жизнедеятельности.» [16]

На участке конвейера осуществляющем монтаж подвески наиболее вероятными будут физические производственные факторы, такие как внутрицеховые погрузчики, подвижные части конвейера линии и оборудования. Среди вредных факторов необходимо выделить шум гайковертов и конвейера и повышенные значения температуры воздуха.

Таблица 16 – Идентификация профессиональных рисков участка установки передней подвески

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и /или вредного производственного фактора
Установка передней подвески (все операции)	Травмирование	Движущийся транспорт, подвижные элементы конвейерной линии и специальных приспособлений
Установка передней подвески (все операции)	Повышенный уровень шума	Гайковерты, конвейерная линия
Установка передней подвески (все операции)	Повышенный уровень температуры воздуха	Система вентиляции и кондиционирования (ее неисправность, недостаточная производительность)

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Среди средств снижения травматизма на участке при выполнении работ необходимо выделить следующие:

- 1) обучение персонала охране труда согласно законодательным нормам;
- 2) разграничение путей движения цехового транспорта и персонала с использованием специальной разметки;

3) применение специальных ограждений и барьеров перед подвижными частями конвейера и оборудования.

«Наука, изучающая воздействие звуков и шумов на функции организма человека называют аудиологией.» [16]

«Кратковременное воздействие шумов могут вызвать повышенную утомляемость человека, а постоянное снижает слуховую чувствительность. При высоком уровне шума слуховая чувствительность может упасть уже через 1-2 год, а при среднем уровне гораздо позже через 5-10 лет. Помимо основных последствий таких как увеличение утомляемости и потери слуха, воздействие шума также может вызывать головокружение и головную боль.» [16]

Средства направленные на борьбу с шумом в производстве классифицируют как звукопоглощающие, звукоизоляционные, а также организационно-технические.

Звукопоглотители выполняются в виде технических изделий или покрытий наносимых на поверхности оборудования. Самыми известными звукоизоляционными средствами являются барьеры, экраны и кожухи. Среди организационно-технических методов стоит отметить использование глушителей и резонаторов. Некоторые конструктивные исполнения механизмов также способны уменьшить общее количество шума на производственном участке. Так, например косозубые шестерня являются менее шумными чем прямозубые, а ременные передачи являются еще более тихими.

С экономической точки зрения одним из самых рациональных путей снижения воздействия шума на персонал является использование индивидуальных средств защиты, среди которых можно выделить, например, специальные наушники или беруши.

3.4 Обеспечение пожарной безопасности участка сборки

3.4.1 Идентификация опасных факторов пожара

«Пожары по виду горючего материала имеют следующую классификацию:» [16]

A – «пожары, обусловленные горением твердых горючих веществ, а также конструкционных материалов» [16]

B – «пожары, обусловленные воспламенением и горением жидкостей или плавящихся материалов или твердых веществ» [16]

C – «пожары, обусловленные воспламенением и горением газов» [16]

D – «пожары, обусловленные воспламенением и горением металлов» [16]

E – «пожары, обусловленные воспламенением и горением веществ и материалов энергоустановок, которые находятся под электрическим напряжением» [16]

F – «пожары, обусловленные реакций радиоактивных веществ, материалов или радиоактивных отходов» [16]

«Среди опасных факторов пожара существуют выделяют пламя и искры; повышенный тепловой поток; превышение нормы температура окружающей среды; опасная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; уменьшение видимости в дыму (в задымленных пространственных зонах).» [16]

«К сопутствующим опасным факторам пожара относят обрушение зданий, разрушение инженерных сооружений, производственного оборудования и других ценностей или имущества; образование радиоактивных и токсичных веществ; замыкания электрооборудования; отрицательное воздействие средств тушения пожара на персонал, оборудование или иное имущество.» [16]

3.4.2 Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности

«Основным средством тушения пожаров является огнетушитель.» [16]

Эффективность его высока только при тушении пожаров начальной стадии возгорания, применение его на более поздних стадиях неэффективно и может опасно для жизни и здоровья использующего. Огнетушители необходимо располагать в обозначенных местах закрепляя в кронштейнах или располагая на горизонтальных участках пола.

Более эффективными средствами пожаротушения являются автоматизированные технические комплексы, подключенные к водопроводу. Они пригодны для тушения пожаров более поздних стадий, но стоимость их установки и обслуживания очевидно значительно выше, чем закупка огнетушителей

Обучение по охране труда работников и правильно организованные пути эвакуации позволят быстрее персоналу покинуть производственный участок и тем самым быстрее приступить пожарным расчетам к ликвидации возгорания.

3.5 Обеспечение экологическая безопасности участка установки передней подвески

«Экологией называют науку о взаимодействиях живых организмов и их сообществ между собой и с окружающей средой.» [19]

На участке выполняется монтаж передней подвески транспортного средства без механической обработки, в том числе с применением СОЖ, перемещение тары выполняется внутрицеховым электротранспортом, таким образом негативное влияние на окружающую среду можно считать минимальным.

4 Технико-экономическая оценка модернизируемой подвески

Целью данной квалификационной работы является совершенствование передней подвески автомобиля Lada Granta. В основе модернизации находится оптимизация характеристик демпфирующего элемента передней подвески и обеспечении более высоких показателей управляемости и курсовой устойчивости легкового переднеприводного автомобиля.

Предлагаемые в рамках данной работы конструктивные изменения не окажут влияния на принципиальную схему подвески и технологию сборки, поэтому инвестиции на освоение данной конструкции в производстве не будут слишком велики. Очевидно, что проект модернизации, имеющий меньшую потребность в капиталобразующих инвестициях проще внедрить в серийное массовое производство и риски при этом будут меньше.

В настоящем разделе квалификационной работы будет проведен анализ варианта модернизации передней подвески переднеприводного автомобиля на предмет возможности внедрения его в массовое производство.

4.1 Расчёт себестоимости модернизированной конструкции подвески

Исходные данные для расчета были получены во время преддипломной практике в период 13ого февраля по 26 марта 2017 года в отделе архитектуры и синтеза шасси управления проектирования и доводки шасси ПАО «АВТОВАЗ», а также в Тольяттинском Государственном Университете от руководителя дипломного проекта и консультанта от каф. «ЭО и УП».

Занесем полученные данные в таблицу 17.

Таблица 17 – «Расчёт себестоимости проектируемого узла» [11]

Наименование	Обозначение	Ед. изм.	Источник
«Годовая программа выпуска изделия» [11]	$V_{ГОД}$ 150000	шт.	Руководитель проекта
«Коэффициент отчислений в страховые взносы» [11]	$E_{С.В.}$ 30		Консультант каф. «ЭО и УП»
«Коэффициент общезаводских расходов» [11]	$E_{ОБ.ЗАВ.}$ 125		ПЭО цеха
«Коэффициент коммерческих (внепроизводственных) расходов» [11]	$E_{КОМ}$ 5		ПЭО цеха
«Коэффициент расходов на оборудование» [11]	$E_{ОБОР}$ 165		ПЭО цеха
«Коэффициенты транспортных и заготовительных расходов» [11]	$K_{ТЗР}$ 3		ПЭО цеха
«Коэффициент цеховых расходов» [11]	$E_{ЦЕХ}$ 175		ПЭО цеха
«Коэффициент расходов на инструмент и оснастку» [11]	$E_{ИНС}$ 3		ПЭО цеха
«Коэффициент рентабельности и плановых накоплений» [11]	$K_{РЕНТ}$ 20		Консультант каф. «ЭоиУП»
«Коэффициент доплат или выплат не связанных с работой на производстве»	$K_{ВЫП}$ 20		ПЭО цеха

Перенос таблицы 17

Наименование	Обозначение	Ед. Изм	Источник
«Коэффициент премий и доплат за работу на производстве» [11]	$K_{ПРЕМ}$		ПЭО цеха
«Оптовая цена покупных комплектующих изделий» [11]	C_i	руб	ПЭО цеха
«Количество покупных комплектующих изделий» [11]	n_i	шт	ПЭО цеха
«Часовая тарифная ставка работника i-го разряда» [11]	Cp_i	руб	Конс.каф. «ЭоиУП»
«Трудоемкость выполнения i-ой операции» [11]	T_i	час	ПЭО цеха
«Коэффициент капиталообразующих инвестиций» [11]	$K_{ИНВ}$		Конс.каф. «ЭоиУП»

Детально-узловой состав передней подвески содержит в себе только продукцию внешних заводов, определение затрат на сырье и материалы не нужен.

«Затраты на покупные изделия» [11]

$$P_{и} = C_i \cdot n_i \cdot \left(1 + \frac{K_{ТЗ}}{100}\right), \quad (4.1)$$

где « C_i – оптовая цена покупных комплектующих изделий i-го вида, руб» [11]

« n_i – количество покупных изделий i-го вида, шт» [11]

« $K_{ТЗ}$ – «коэффициент транспортно-заготовительных расходов» [11]

Расчет затрат на покупные изделия представлен в таблице 18.

Таблица 18 – «Расчет расход на покупные комплектующие изделия» [11]

№ п/п	«Наименование покупных изделий» [11]	Количество	Средняя цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
1	Стойка с тормозом в сборе	2	3500	7000
2	Рычаг в сборе	2	700	1400
3	Стабилизатор в сборе	1	708	708
4	Крепеж	46	2	92
	ИТОГО:			9200
	«Транспортно-заготовительные расходы» [11]		3%	276
	Всего:			9476

«Основная заработная плата производственного персонала» [11]

$$Z_o = Z_m \cdot \left(1 + \frac{K_{ПРЕМ}}{100}\right), \quad (4.2)$$

где « Z_m – тарифная заработная плата рабочего в рублях» [11]

$$Z_m = C_{p_i} \cdot T_i \quad (4.3)$$

где « C_{p_i} – часовая тарифная ставка, руб.» [11]

« T_i – трудоемкость выполнения операции, час» [11]

« $K_{ПРЕМ}$ – коэффициент премий и доплат, связанных с работой на производстве, %» [11]

Расчет основной заработной платы производственного персонала представлен в таблице 19.

Таблица 19 – «Расчет основной заработной платы персонала» [11]

№ п/п	Виды работ	Разряд работы	Трудоемкость	«Часовая тарифная ставка, руб.» [11]	«Тарифная зарплата, руб.» [15]
1	Сборочные	4	0.25	80	20
2	Контрольные	5	0.03	90	2.7
	ИТОГО:				22.7
	Премия	25%			5.68
	Основная з/п				28.38

«Дополнительной заработной платы персонала» [11]

$$Z_{\text{доп.}} = Z_o \cdot K_{\text{вып}} ; \quad (4.4)$$

где « $K_{\text{вып}}$ – коэффициент доплат и выплат не связанных с выполнением основных производственных работ, %» [11]

Для данной работы принимаем $K_{\text{вып}} = 20\%$

$$Z_{\text{доп.}} = 28.38 \cdot 0.2 = 5.68$$

«Отчисления в страховые взносы» [11]

$$C_{\text{с.в.}} = Z_o + Z_{\text{доп.}} \cdot E_{\text{с.в.}} ; \quad (4.5)$$

где « $E_{С.В}$ – коэффициент отчислений в страховые взносы, %» [11]

Для данного расчета примем $E_{С.В} = 30\%$

$$C_{С.В} = (8.38 + 5.68) \cdot 0.3 = 10.21 \text{ руб}$$

«Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования» [11]

$$C_{СОДОБОР} = 30 \cdot E_{ОБОР} \quad (4.6)$$

где « $E_{ОБОР}$ – коэффициент отчислений в единый социальный фонд, %» [11]

Для данной работы $E_{ОБОР} = 165\%$

$$C_{СОДОБОР} = 28.38 \cdot 1.65 = 46.82 \text{ руб}$$

«Цеховые расходы» [11]

$$C_{ЦЕХ} = 30 \cdot E_{ЦЕХ}, \quad (4.7)$$

где « $E_{ЦЕХ}$ – коэффициент цеховых расходов, %» [11]

Для данного расчета примем $E_{ЦЕХ} = 175\%$

$$C_{ЦЕХ} = 28.38 \cdot 1.75 = 49.66 \text{ руб}$$

«Расходы на инструмент и оснастку» [11]

$$C_{ИНСТР} = 30 \cdot E_{ИНСТР}, \quad (4.8)$$

где « $E_{ИНСТР}$ – коэффициент затрат на инструмент и оснастку, %» [11]

В данной работе примем $E_{ИНСТР} = 3\%$

$$C_{ИНСТР} = 28.38 \cdot 0.03 = 0.85 \text{ руб}$$

«Цеховая себестоимость модернизированного узла» [11]

$$C_{\text{ЦЕХ.С/С}} = \text{Пи} + \text{Зо} + \text{З}_{\text{ДОП}} + C_{\text{С.В}} + C_{\text{СОД.ОБОР}} + C_{\text{ЦЕХ}} + C_{\text{ИНСТР}} \quad (4.9)$$

$$C_{\text{ЦЕХ.С/С}} = 9476 + 28.38 + 5.68 + 10.21 + 46.82 + 49.66 + 0.85 = 9617.59 \text{ руб}$$

«Общезаводские расходы» [11]

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОД}} = \text{Зо} \cdot E_{\text{ОБ.ЗАВОД}}; \quad (4.10)$$

где « $E_{\text{ОБ.ЗАВОД}}$ – коэффициент общезаводских расходов, %» [11]

Для данного расчета примем $E_{\text{ОБ.ЗАВОД}} = 125\%$

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОД}} = 28.38 \cdot 1.25 = 35.47 \text{ руб}$$

«Общезаводская себестоимость» [11]

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОД.С/С}} = C_{\text{ОБ.ЗАВОД}} + C_{\text{ЦЕХ.С/С}} \quad (4.11)$$

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОД.С/С}} = 35.47 + 9617.59 = 9653.06 \text{ руб}$$

«Коммерческие расходы» [11]

$$C_{\text{КОМ}} = C_{\text{ОБ.ЗАВОД.С/С}} \cdot E_{\text{КОМ}}; \quad (4.12)$$

где « $E_{\text{КОМ}}$ – коэффициент коммерческих расходов, %» [11]

В данной работе примем $E_{\text{КОМ}} = 5\%$

$$C_{\text{КОМ}} = 9653.06 \cdot 0.05 = 482.65 \text{ руб}$$

«Полной себестоимость» [11]

$$C_{\text{ПОЛ}} = C_{\text{ОБ.ЗАВОДСС}} + C_{\text{КОМ}} \quad (4.13)$$

$$C_{\text{ПОЛ}} = 9653.06 + 482.65 = 10135.71 \text{ руб}$$

«Отпускные цены для базовой и проектируемой конструкции» [11]

$$Ц_{\text{ОТП.}} = C_{\text{ПОЛ}} \cdot (+ K_{\text{РЕНТ}}) \quad (4.14)$$

где « $K_{\text{РЕНТ}}$ – коэффициент рентабельности и плановых накоплений, %» [11]

В данном расчете $K_{\text{РЕНТ}} = 20\%$

$$Ц_{\text{ОТП.Б}} = 10135.71 \cdot (+ 0.2) = 12093.56 \text{ руб}$$

$$Ц_{\text{ОТП.П}} = Ц_{\text{ОТП.Б}}$$

4.2 Определение точки безубыточности производства модернизированной конструкции подвески

Точкой безубыточности называют объем выпуска и реализации изделия, который обеспечивает покрытие всех затрат, связанных с его производством, но при этом не обеспечивает прибыль.

«Величину продаж для обеспечения безубыточности проекта» [11]

$$V_{\text{КР}} = \frac{З_{\text{ПОСТ.УД}} \cdot V_{\text{МАХ}}}{Ц_{\text{ОТП}} - З_{\text{ПЕР.УД}}}, \quad (4.15)$$

где « $V_{\text{МАХ}}$ – максимальный объем выпуска изделия, шт» [11]

« $Ц_{\text{ОТП}}$ – отпускная цена изделия, руб» [11]

« $З_{\text{ПЕР.УД}}$ – удельные постоянные издержки на изготовление единицы изделия, руб» [11]

« $Z_{\text{ПЕР.УД}}$ – удельные переменные издержки на изготовление единицы изделия, руб» [11]

«Переменные затраты на изготовление единицы продукции» [11]

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.УД.б.}} = \Pi_{\text{и}} + Z_{\text{О}} + Z_{\text{ДОП.}} + C_{\text{С.В}} = 9421 + 28.38 + 5.68 + 10.21 = 9465.26 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.УД.н.}} = \Pi_{\text{и}} + Z_{\text{О}} + Z_{\text{ДОП.}} + C_{\text{С.В}} = 9476 + 28.38 + 5.68 + 10.21 = 9520.26 \text{ руб}$$

«Переменные издержки» [11]

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.н.}} = Z_{\text{ПЕРЕМ.УД}} \cdot V_{\text{ГОД}} \quad (4.16)$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.н.б.}} = 965.26 \cdot 150000 = 1419789750 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.н.н.}} = 9520.26 \cdot 150000 = 1428039750 \text{ руб}$$

«Амортизационные отчисления» [11]

$$A_{\text{М.УД}} = (C_{\text{СОД.ОБОР}} + C_{\text{ИНСТР}}) \cdot H_{\text{А}} / 100, \quad (4.17)$$

где « $H_{\text{А}}$ - доля амортизационных отчислений, 15%» [11]

$$A_{\text{М.УД}} = (46.82 + 0.85) \cdot 15 / 100 = 7.15 \text{ руб}$$

«Постоянные издержки» [11]

$$Z_{\text{ПОСТ.УД.б.н.}} = (C_{\text{СОД.ОБОР}} + C_{\text{ИНСТР}}) \cdot (100 - H_{\text{А}}) / 100 + C_{\text{ЦЕХ}} + C_{\text{ОБ.ЗАВОД}} + C_{\text{КОМ}} + A_{\text{М.УД}} \quad (4.18)$$

$$Z_{\text{ПОСТ.УД.б.}} = (46.82 + 0.85) \cdot (100 - 15) / 100 + 49.66 + 35.47 + 479.9 + 7.15 = 612.7 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПОСТ.УД.п.}} = (46.82 + 0.85) \cdot (100 - 15) / 100 + 49.66 + 35.47 + 482.65 + 7.15 = 615.45 \text{ руб}$$

«Постоянные издержки на годовую программу» [11]

$$Z_{\text{ПОСТ.б.}} = Z_{\text{ПОСТ.УД.б.}} \cdot V_{\text{ГОД}} \quad (4.19)$$

$$Z_{\text{пост.б.}} = 612.7 \cdot 150000 = 91904700 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{пост.л.}} = 615.45 \cdot 150000 = 92317200 \text{ руб}$$

«Полной себестоимость годовой программы выпуска» [11]

$$C_{\text{пол.г.}} = C_{\text{пол.н.}} \cdot V_{\text{год}} \quad (4.20)$$

$$C_{\text{пол.г.}} = 10077.96 \cdot 150000 = 1511694450 \text{ руб}$$

$$C_{\text{пол.г.}} = 10135.71 \cdot 150000 = 1520356950 \text{ руб}$$

«Выручку от реализации изделия» [11]

$$\text{Выручка.н.} = Ц_{\text{отп.н.}} \cdot V_{\text{год}} \quad (4.21)$$

$$\text{Выручка.н.} = 12093.56 \cdot 150000 = 1814033340 \text{ руб}$$

«Маржинальный доход» [11]

$$D_{\text{марж}} = \text{Выручка} - Z_{\text{перем.н}} \quad (4.22)$$

$$D_{\text{марж}} = 1814033340 - 1419789750 = 394243590 \text{ руб}$$

$$D_{\text{марж}} = 1814033340 - 1428039750 = 385993590 \text{ руб}$$

«Критического объема продаж» [11]

$$A_{\text{крит}} = \frac{Z_{\text{пост.н.}}}{Ц_{\text{отп}} - Z_{\text{перем.н}}} = \frac{92317200}{12093.56} - 9520.26 = 35875.16 \text{ шт} \approx 35875 \text{ шт}$$

Также значение критического объема продаж можно определить графическим методом.

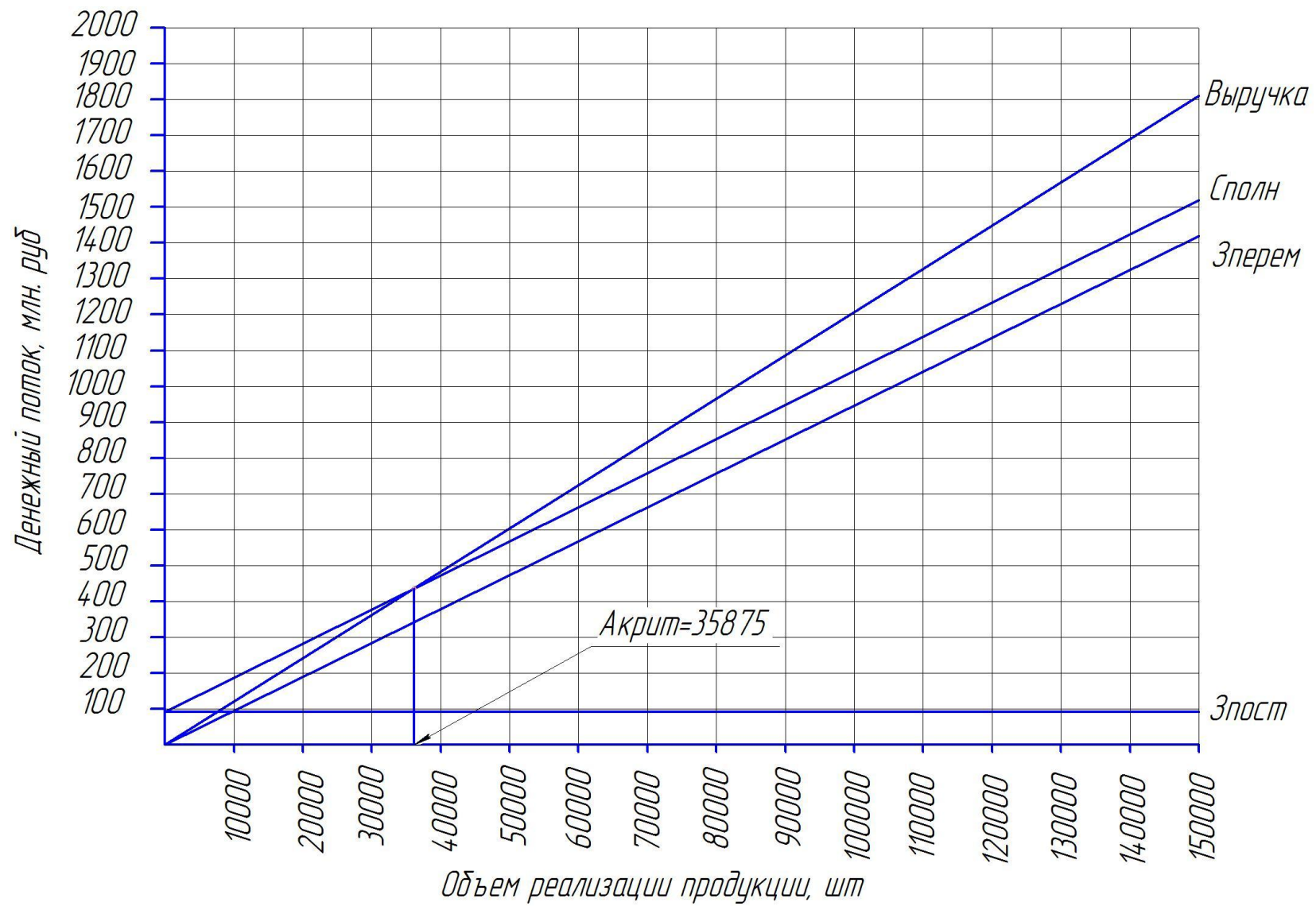


Рисунок 10 – Графический метод нахождения точки безубыточности

4.3 Подтверждение коммерческой эффективности модернизации подвески

Чтобы оценить коммерческую эффективность освоения модернизированной конструкции следует учитывать полный период изготовления. Для передней подвески транспортного средства такой период будет составлять пять лет и один дополнительный год необходимо для подготовки производства. Таким образом, необходимо рассчитать коммерческую эффективность модернизированного изделия за 6 лет.

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

$$\Delta = \frac{V_{MAX} - A_{КРИТ}}{n - 1}, \quad (4.23)$$

где « V_{MAX} - максимальный объем производства изделия, шт» [11]

« $A_{КРИТ}$ - критический объем продаж проектируемой подвески, шт» [11]

« n - количество лет производства, с учетом подготовки» [11]

$$\Delta = \frac{150000 - 35875}{6 - 1} = 22825шт$$

«Выручки от продаж в каждом году» [11]

$$B_i = Ц_{ОТП} \cdot V_{ПРОД_i}; \quad (4.24)$$

где « $V_{ПРОД_i}$ - объем продаж в i -году» [11]

«В первый года производства объем продукции будет рассчитываться следующим образом» [11]

$$V_{\text{ПРОД}i} = V_{\text{КР}} + \Delta \quad (4.25)$$

«Для второго года и последующих лет $V_{\text{КР}}$ заменяется объемом продаж предыдущего года» [11]

$$V_{\text{ПРОД}1} = 35875 + 22825 = 58700 \text{шт.}$$

$$V_{\text{ПРОД}2} = 58700 + 22825 = 81525 \text{шт.}$$

$$V_{\text{ПРОД}3} = 81525 + 22825 = 104350 \text{шт.}$$

$$V_{\text{ПРОД}4} = 104350 + 22825 = 127178 \text{шт.}$$

$$V_{\text{ПРОД}5} = 127178 + 22825 = 150000 \text{шт.}$$

«Выручка» [11]

$$B_1 = 12093.56 \cdot 58700 = 709891713.72 \text{руб}$$

$$B_2 = 12093.56 \cdot 81525 = 985927120.29 \text{руб}$$

$$B_3 = 12093.56 \cdot 104350 = 1261962526.86 \text{руб}$$

$$B_4 = 12093.56 \cdot 127178 = 1537997933.43 \text{руб}$$

$$B_5 = 12093.56 \cdot 150000 = 1814033340 \text{руб}$$

«Переменных затрат по годам» [11]

$$Z_{\text{ПЕРЕМ}i} = Z_{\text{ПЕРЕМ.УД}} \cdot V_{\text{ПРОД}i} \quad (4.26)$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.Б1}} = 9465.26 \cdot 58700 = 555611055.5 \text{руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.Б2}} = 9465.26 \cdot 81525 = 771655729.13 \text{руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.Б3}} = 9465.26 \cdot 104350 = 987700402.75 \text{руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.Б4}} = 9465.26 \cdot 127178 = 1203745076.38 \text{руб}$$

$$Z_{\text{ПЕРЕМ.Б5}} = 9465.26 \cdot 150000 = 1419789750 \text{руб}$$

$$\begin{aligned}
Z_{\text{ПЕРЕМ.П1}} &= 9520.26 \cdot 58700 = 558839555.5 \text{ руб} \\
Z_{\text{ПЕРЕМ.П2}} &= 9520.26 \cdot 81525 = 776139604.13 \text{ руб} \\
Z_{\text{ПЕРЕМ.П3}} &= 9520.26 \cdot 104350 = 993439652.75 \text{ руб} \\
Z_{\text{ПЕРЕМ.П4}} &= 9520.26 \cdot 127175 = 1210739701.38 \text{ руб} \\
Z_{\text{ПЕРЕМ.П5}} &= 9520.26 \cdot 150000 = 1428039750 \text{ руб}
\end{aligned}$$

«Постоянных затрат по годам» [11]

$$Z_{\text{ПОСТ}} = Z_{\text{ПОСТ.УД}} \cdot V_{\text{МАХ}} \quad (4.27)$$

$$Z_{\text{ПОСТ.б.}} = 612.7 \cdot 150000 = 91904700 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{ПОСТ.п.}} = 615.45 \cdot 150000 = 92317200 \text{ руб}$$

«Амортизация оборудования» [11]

$$A_M = A_{M.УД} \cdot V_{\text{МАХ}} \quad (4.28)$$

$$A_M = 7.15 \cdot 150000 = 1072575 \text{ руб}$$

«Себестоимость по годам» [11]

$$C_{\text{ПОЛ.}i} = Z_{\text{ПЕРЕМ.}i} + Z_{\text{ПОСТ}} \quad (4.29)$$

$$C_{\text{ПОЛ.Б1}} = 555611055.5 + 91904700 = 647515755.5 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ПОЛ.Б2}} = 771655729 + 91904700 = 863560429.13 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ПОЛ.Б3}} = 987700402.75 + 91904700 = 1079605102.75 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ПОЛ.Б4}} = 1203745076.38 + 91904700 = 1295649776.38 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ПОЛ.Б5}} = 1419789750 + 91904700 = 1511694450 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ПОЛ.П1}} = 558839555.5 + 92317200 = 651156755.5 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ПОЛ.П2}} = 776139604.13 + 92317200 = 868456804.13 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ПОЛ.П3}} = 993439651.75 + 92317200 = 1085756852.75 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ПОЛ.П4}} = 1210739701.38 + 92317200 = 1303056901.38 \text{ руб}$$

$$C_{\text{ПОЛ.П5}} = 1428039750 + 92317200 = 1520356950 \text{ руб}$$

$$\sum C_{\text{ПОЛ.П}} = 651156755.5 + 868456804.13 + 108575685275 + \\ + 1303056901.38 + 1520356950 = 542878426376 \text{ руб}$$

«Налогооблагаемая прибыль по годам» [11]

$$Pr_{\text{ОБЛ.}i} = B_i - C_{\text{ПОЛ.}i} \quad (4.30)$$

$$\begin{aligned} Pr_{\text{ОБЛ.}1} &= 709891713.72 - 647515755.5 = 62375958.22 \text{ руб} \\ Pr_{\text{ОБЛ.}2} &= 985927120.29 - 863560429.13 = 122366691.16 \text{ руб} \\ Pr_{\text{ОБЛ.}3} &= 1261962526.86 - 107960510275 = 182357424.11 \text{ руб} \\ Pr_{\text{ОБЛ.}4} &= 1537997933.43 - 1295649776.38 = 242348157.06 \text{ руб} \\ Pr_{\text{ОБЛ.}5} &= 1814033340 - 1511694450 = 302338890 \text{ руб} \\ Pr_{\text{ОБЛ.}1} &= 709891713.72 - 651156755.5 = 58734958.22 \text{ руб} \\ Pr_{\text{ОБЛ.}2} &= 985927120.29 - 868456804.13 = 117470316.16 \text{ руб} \\ Pr_{\text{ОБЛ.}3} &= 1261962526.86 - 108575685275 = 176205674.11 \text{ руб} \\ Pr_{\text{ОБЛ.}4} &= 1537997933.43 - 1303056901.38 = 234941032.06 \text{ руб} \\ Pr_{\text{ОБЛ.}5} &= 1814033340 - 1520356950 = 293676390 \text{ руб} \end{aligned}$$

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

$$H_{\text{ПР.}i} = Pr_{\text{ОБЛ.}i} \cdot 0.2 \quad (4.31)$$

$$\begin{aligned} H_{\text{ПР.}1} &= 62375958.22 \cdot 0.2 = 12475191.64 \text{ руб} \\ H_{\text{ПР.}2} &= 122366691.16 \cdot 0.2 = 24473338.23 \text{ руб} \\ H_{\text{ПР.}3} &= 182357424.11 \cdot 0.2 = 36471484.82 \text{ руб} \\ H_{\text{ПР.}4} &= 242348157 \cdot 0.2 = 48469631.41 \text{ руб} \\ H_{\text{ПР.}5} &= 302338890 \cdot 0.2 = 60467778 \text{ руб} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
H_{\text{ПР.1}} &= 58734958.22 \cdot 0.2 = 11746991.64 \text{ руб} \\
H_{\text{ПР.2}} &= 117470316.16 \cdot 0.2 = 23494063.23 \text{ руб} \\
H_{\text{ПР.3}} &= 176205674.11 \cdot 0.2 = 35241134.82 \text{ руб.} \\
H_{\text{ПР.4}} &= 234941032.06 \cdot 0.2 = 46988206.41 \text{ руб} \\
H_{\text{ПР.5}} &= 293676390 \cdot 0.2 = 58735278 \text{ руб}
\end{aligned}$$

«Чистая прибыль по годам» [11]

$$Pr_{\text{ч.}i} = Pr_{\text{обл.}i} - H_{\text{пр.}i} \quad (4.32)$$

$$\begin{aligned}
Pr_{\text{ч.1Б}} &= 62375958.22 - 12475191.64 = 49900766.58 \text{ руб} \\
Pr_{\text{ч.2Б}} &= 122366691.16 - 24473338.23 = 97893352.93 \text{ руб} \\
Pr_{\text{ч.3Б}} &= 182357424.11 - 36471484.82 = 145885939.29 \text{ руб} \\
Pr_{\text{ч.4Б}} &= 242348157.06 - 48469631 = 193878525.64 \text{ руб} \\
Pr_{\text{ч.5Б}} &= 302338890 - 60467778 = 241871112 \text{ руб} \\
Pr_{\text{ч.1П}} &= 58734958.22 - 11746991.64 = 46987966.58 \text{ руб} \\
Pr_{\text{ч.2П}} &= 117470316.16 - 23494063.23 = 93976252.93 \text{ руб} \\
Pr_{\text{ч.3П}} &= 176205674.11 - 35241134.82 = 140964539.29 \text{ руб} \\
Pr_{\text{ч.4П}} &= 234941032.06 - 46988206.41 = 187952825.64 \text{ руб} \\
Pr_{\text{ч.5П}} &= 293676390 - 58735278 = 234941112 \text{ руб}
\end{aligned}$$

4.4 Определение экономического эффекта от повышения надежности и долговечности узлов модернизированной подвески

Увеличение жесткости амортизационной стойки передней подвески обеспечивает уменьшение количества ее пробоев, что в свою очередь положительно скажется на долговечности демпфера.

Таким образом повышенная долговечность изделия сокращает количество обращений клиентов в гарантийный период. Рассчитаем прибыль, получаемую в результате внедрения данного решения:

$$Pr_{\text{ож.д.}i} = \left(C_{\text{отп}} \cdot \frac{D_2}{D_1} - C_{\text{отп}} \right) \cdot V_{\Gamma} \quad (4.33)$$

где «Д1 и Д2 - долговечность (срок службы) базового и проектируемого изделия» [11]

$$D_1 = 900000 ; D_2 = 1100000 .$$

Отпускная цена стойки передней подвески $C_{отп} = 1700$ руб

$$\begin{aligned} Pr_{ОЖ.Д1} &= \left(700 \cdot \frac{1100000}{900000} - 1700 \right) \cdot 58700 = 22175555.56 \text{ руб} \\ Pr_{ОЖ.Д2} &= \left(700 \cdot \frac{1100000}{900000} - 1700 \right) \cdot 81525 = 30798333.33 \text{ руб} \\ Pr_{ОЖ.Д3} &= \left(700 \cdot \frac{1100000}{900000} - 1700 \right) \cdot 104350 = 39421111.11 \text{ руб} \\ Pr_{ОЖ.Д4} &= \left(700 \cdot \frac{1100000}{900000} - 1700 \right) \cdot 127175 = 48043888.89 \text{ руб} \\ Pr_{ОЖ.Д5} &= \left(700 \cdot \frac{1100000}{900000} - 1700 \right) \cdot 150000 = 56666666.67 \text{ руб} \end{aligned}$$

«Ожидаемая прибыль от повышения надежности узла» [11]

$$Pr_{ОЖ.Н} = \left(N_{рем.Баз} \cdot Z_{рем.Баз} - N_{рем.Пр} \cdot Z_{рем.Пр} \right) + \left(T_{прост.Баз} - T_{прост.Пр} \right) \cdot C_{отп} \quad (4.34)$$

где « $N_{рем.баз}$ и $N_{рем.пр}$ - количество ремонтов (отказов) базового и проектируемого изделий» [11]

« $Z_{рем.баз}$ и $Z_{рем.пр}$ - затраты на ремонт базового и проектируемого изделий» [11]

« $T_{прост.баз}$ и $T_{прост.пр}$ - количество часов простоя техники в ремонте за год по базовому и проектируемому вариантам» [11]

$$Pr_{ОЖ.Н} = \left(60 \cdot 1300 - 40 \cdot 1300 \right) + \left(60 - 70 \right) \cdot 1700 = 60000 \text{ руб}$$

«Общественно значимая экономия» [11]

$$Э_{общ.і} = Pr_{ОЖ.Л.і} + Pr_{ОЖ.Н.і} \quad (4.35)$$

$$\mathcal{E}_{ОБЩ.1} = 22175555.56 + 60000 = 22235555.56 \text{ руб}$$

$$\mathcal{E}_{ОБЩ.2} = 30798333.33 + 60000 = 30858333.33 \text{ руб}$$

$$\mathcal{E}_{ОБЩ.3} = 39421111.11 + 60000 = 39481111.11 \text{ руб}$$

$$\mathcal{E}_{ОБЩ.4} = 48043888.89 + 60000 = 48103888.89 \text{ руб}$$

$$\mathcal{E}_{ОБЩ.5} = 56666666.67 + 60000 = 56726666.67 \text{ руб}$$

«Текущий чистый доход» [11]

$$ЧД_i = \text{Пр.ч.и.н.} - \text{Пр.ч.и.б.} + A_M + \mathcal{E}_{Общ.} \quad (4.36)$$

$$\begin{aligned} ЧД_1 &= 46987966.58 - 49900766 + 1072575 + 22235555.56 = \\ &= 20395330.56 \text{ руб} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ЧД_2 &= 93976252.93 - 97893352.93 + 1072575 + 30858333.33 = \\ &= 28013808.33 \text{ руб} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ЧД_3 &= 140964539.29 - 145885939.29 + 1072575 + 39481111.11 = \\ &= 35632286.11 \text{ руб} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ЧД_4 &= 187952825.64 - 193878525.64 + 1072575 + 48103888.89 = \\ &= 43250763.89 \text{ руб} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ЧД_5 &= 234941112 - 241871112 + 1072575 + 56726666.67 = \\ &= 50869241.67 \text{ руб} \end{aligned}$$

«Коэффициент дисконтирования α_i »

$$E_{CT} = 10\%$$

$$\alpha_i = 1 \setminus (1 + E)^t, \quad (4.37)$$

$$\alpha_1 = 0,909$$

$$\alpha_2 = 0,826$$

$$\alpha_3 = 0,753$$

$$\alpha_4 = 0,683$$

$$\alpha_5 = 0,621$$

«Текущий чистый дисконтированный доход» [11]

$$\text{ЧДД}(i) = \text{ЧД}(i) \cdot \alpha_i \quad (4.38)$$

$$\text{ЧДД} \text{ (1)} = 20395330.56 \cdot 0,909 = 18539355.48 \text{ руб}$$

$$\text{ЧДД} \text{ (2)} = 28013808.33 \cdot 0,826 = 23139405.68 \text{ руб}$$

$$\text{ЧДД} \text{ (3)} = 35632286.11 \cdot 0,753 = 26831111.44 \text{ руб}$$

$$\text{ЧДД} \text{ (4)} = 43250763.89 \cdot 0,683 = 29540271.74 \text{ руб}$$

$$\text{ЧДД} \text{ (5)} = 50869241.67 \cdot 0,621 = 31589799.08 \text{ руб}$$

«Суммарный ЧДД» [11]

$$\sum \text{ЧДД}(i) = 129639943.41 \text{ руб}$$

«Капиталообразующие инвестиции» [11]

$$J_o = K_{инв} \cdot \sum C_{ПОЛi} ; \quad (4.39)$$

где « $K_{инв}$ - коэффициент капиталообразующих инвестиций» [11]

В данном расчете принимаем $K_{инв} = 1.1\%$.

$$J_o = 0.011 \cdot \sum C_{ПОЛi} = 59716626.9 \text{ руб}$$

«Чистый дисконтированный доход» [11]

$$\text{ЧДД} = \sum_{i=0}^T \text{ЧДД} \text{ (i)} - J_o \quad (4.40)$$

$$\text{ЧДД} = 129639943.41 - 59716626.9 = 69923316.51 \text{ руб}$$

«Индекс доходности инвестиций» [11]

$$JD = \frac{ЧДД}{J_o}; \quad (4.41)$$

$$JD = 69923316.51 / 59716626.9 = 1.17$$

«Срок окупаемости проекта» [11]

$$T_{окуп.} = \frac{J_o}{ЧДД} \quad (4.42)$$

$$T_{окуп.} = 59716626.9 / 69923316.51 = 0,85 \text{ года}$$

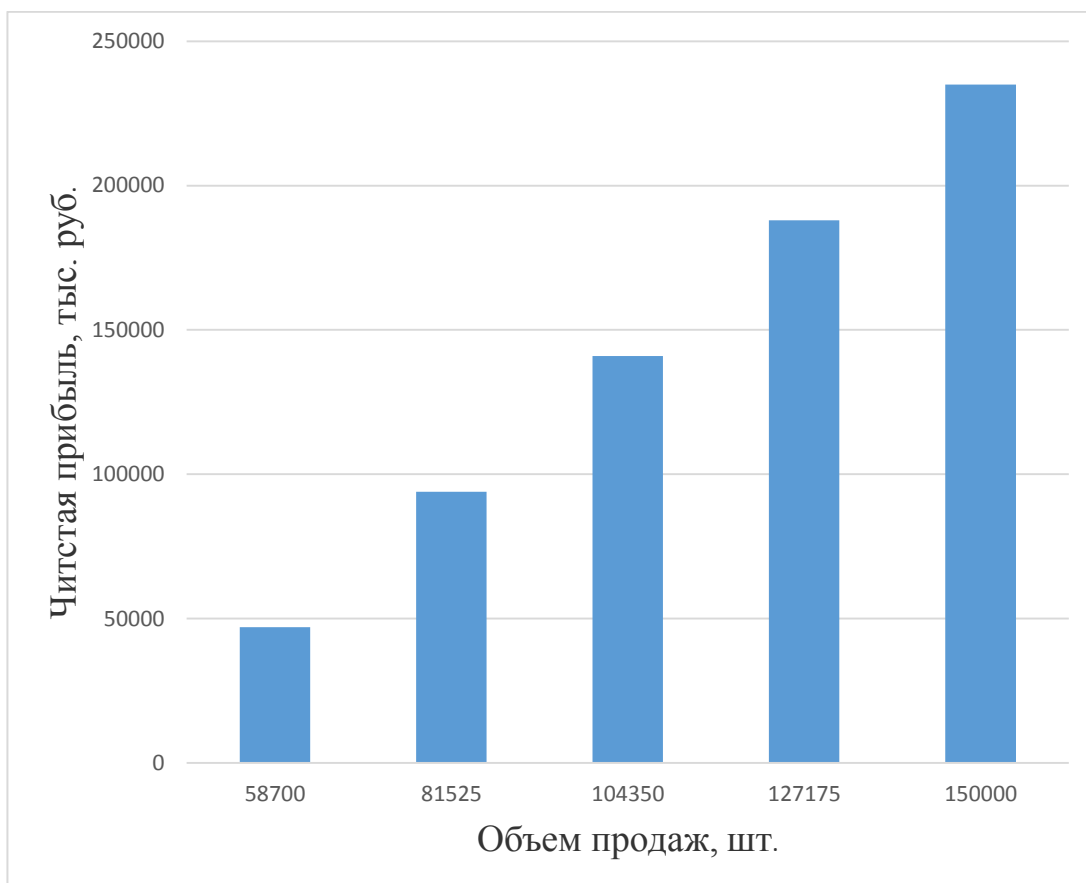


Рисунок 11 – График зависимости прибыли от объема продаж

4.5 Вывод

В процессе расчетов в экономической части дипломного проекта была рассчитана калькуляция себестоимости проектного варианта передней подвески автомобиля и произведено ее сравнение с базовым вариантом. Была определена точка безубыточности производства модернизированного узла, которая составляет 35875 изделий в год. Принимая во внимание, что данная конструкция применяется на 6 различных кузовах автомобилей, а также учитывая существующий на них постоянный спрос, можно быть уверенным в достижении данного объема производства для подвески.

Среди основных показателей, определяющих коммерческую эффективность проекта, стоит выделить объем капиталообразующих инвестиций в размере 59716626.9 руб., величину чистого дисконтированного дохода равную 69923316.51 руб., индекс доходности 1.17, а также срок окупаемости проекта продолжительностью 0.85 года.

Все эти значения доказывают экономическую целесообразность данной модернизации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью данной квалификационной работы являлось улучшение динамических характеристик переднеприводного автомобиля 2 класса, а именно курсовой устойчивости и управляемости. Для решения поставленных задач был предложен вариант модернизации амортизационной стойки передней подвески актуальный для массового производства и соответствующий современному уровню развития техники. Проведенные в конструкторской части квалификационной работы расчеты подтверждают эффективность применения измененной конструкции демпфера и требуемое улучшение устойчивости и управляемости. Таким образом цели, поставленные в рамках данной работы, достигнуты.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Родионов, В.Ф. Легковые автомобили /В.Ф. Родионов, Б.А. Фиттерман. – М.: Машиностроение, 1973.-490 с.
2. Раймпель, Й. Шасси автомобиля / Й. Раймпель. – М.: Машиностроение, 1983.-356 с.
3. Валхламов, В.К. «Автомобили. Основы конструкции» /В.К. Валхламов, Академия, 2008.-529с.
4. Васильев, Б.С. Автомобильный справочник / Б.С. Васильев, М.С. Высоцкий, К.Л. Гаврилов– М.: Машиностроение, 2004.-704 с.
5. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя / Анурьев В.И.- В 3-х т. Т.2. – М.: Машиностроение, 1978.-912 с.
6. Успенский, И.Н. Проектирование подвески автомобиля – / Успенский И.Н. М.: Машиностроение 1976-168с.
7. Лукин, П.П. Гаспарянц, Г.А. Родионов, В.Ф. Конструкция и расчет автомобиля: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автомобили и тракторы» / П.П. Лукин, Г.А. Гаспарянц, В.Ф. Родионов, - М: Машиностроение, 1984. – 376 с.
8. Лата, В.Н. Конструирование и расчет автомобиля. Ходовая часть и системы управления. / Лата В.Н. Курс лекций.-125 с.
9. Лукин, П.П. Конструирование и расчёт автомобиля Машиностроение / Лукин П.П. Конструирование и расчёт автомобиля Машиностроение 1984-373с.
10. Кисуленко, Б.В. Краткий автомобильный справочник. ТЗ. /Кисуленко, Ю.В. Дементьев, И.А. Венгеров – М.: Автополис-плюс, 2005.-560 с.
11. Черепанов, Л.А. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля: учеб. пособие /Л.А. Черепанов. – Тольятти: ТГУ, 2001.-41 с.

12. Хрипач, В.Я. Экономика предприятия / В.Я.Хрипач, А.С.Головачев, И.В.Головачева и др.; Под ред. В.Я.Хрипача; Академия управления при Президенте Республики Беларусь. Кафедра экономики и организации производства. - Минск, 1997.- 448 с.

13. Сачко, Н.С. Организация, планирование и управление машиностроительным предприятием: Учеб. пособие для вузов / Н.С. Сачко, И.М. Бабук, В.И. Демидов и др.; Под ред. Н.С. Сачко, И.М. Бабука. – Минск: Выш.шк., 1988.- 272 с.

14. Грузинов, В.П., Грибов В.Д. Экономика предприятия: Учеб. пос. для вузов. 2-е изд., доп. / В.П. Грузинов, В.Д. Грибов – М.: Финансы и статистика, 2002. – 207 с.

15. Глущенко, В.Ф. Экономика предприятия. Часть 4. Организация производства. Учеб. пособие / В.Ф. Глущенко, Г.А. Краюхин, А.И. Михайлушкин и др.: СПбГИЭУ. – СПб: СПбГИЭУ, 2001. – 101 с.

16. Ипатов, М.И. Организация и планирование машиностроительного производства: Учеб. для машиностр. спец. вузов / М.И. Ипатов, М.К. Захарова, К.А. Грачев и др.; Под ред. М.И. Ипатова, В.И. Постникова и М.К. Захаровой.- М.: Высш.шк., 1988.-367 с.

17. Горина , Л.Н., Фесина М.И. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Учебно-методическое пособие /Л.Н. Горина, М.И. Фесина – Тольятти: ТГУ, 2016.- 51с.

18. Челноков, А. А. Охрана труда: учебник / А. А. Челноков, И. Н. Жмыхов, В. Н. Цап ; под общ. ред. А. А. Челнокова. - 2-е изд., испр. и доп. - Минск : Вышэйшая школа, 2013. - 655 с

19. Челноков, А.А. Основы экологии: учебное пособие / А. А. Челноков, Л. Ф. Ющенко, И. Н. Жмыхов ; под ред. А. А. Челнокова. - Минск : Вышэйшая школа, 2012. - 543 с.

20. Михнюк, Т.Ф. Охрана труда: учебное пособие / Т. Ф. Михнюк. - Минск: ИВЦ Минфина, 2007. - 297 с.

21. Duna Tariq Yaseen, Graphical user interface (GUI) for design of passenger car system using random road profile / International Journal of Energy and Environment, 2016.-155 c.
22. Jan Ziobro, Analysis of element car body on the example silentblock / Advances in Science and Technology Research Journal, 2015.-134 c.
23. Lucian Roman, Mathematical model and software simulation of system from opel cars / Annals of the Oradea University: Fascicle Management and Technological Engineering, 2014.-246 c.
24. Dainius Luneckas, Vilius Bartulis, Research on Probability for Failures in VW Cars During Warranty and Post-Warranty Periods / Mokslas: Lietuvos Ateitis, 2014.-204 c.
25. Catalin Alexandru, Vlad Totu, Method for the multi-criteria optimization of car wheel mechanisms / Ingeniería e Investigación, 2016.-189 c.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Графики тягового расчета

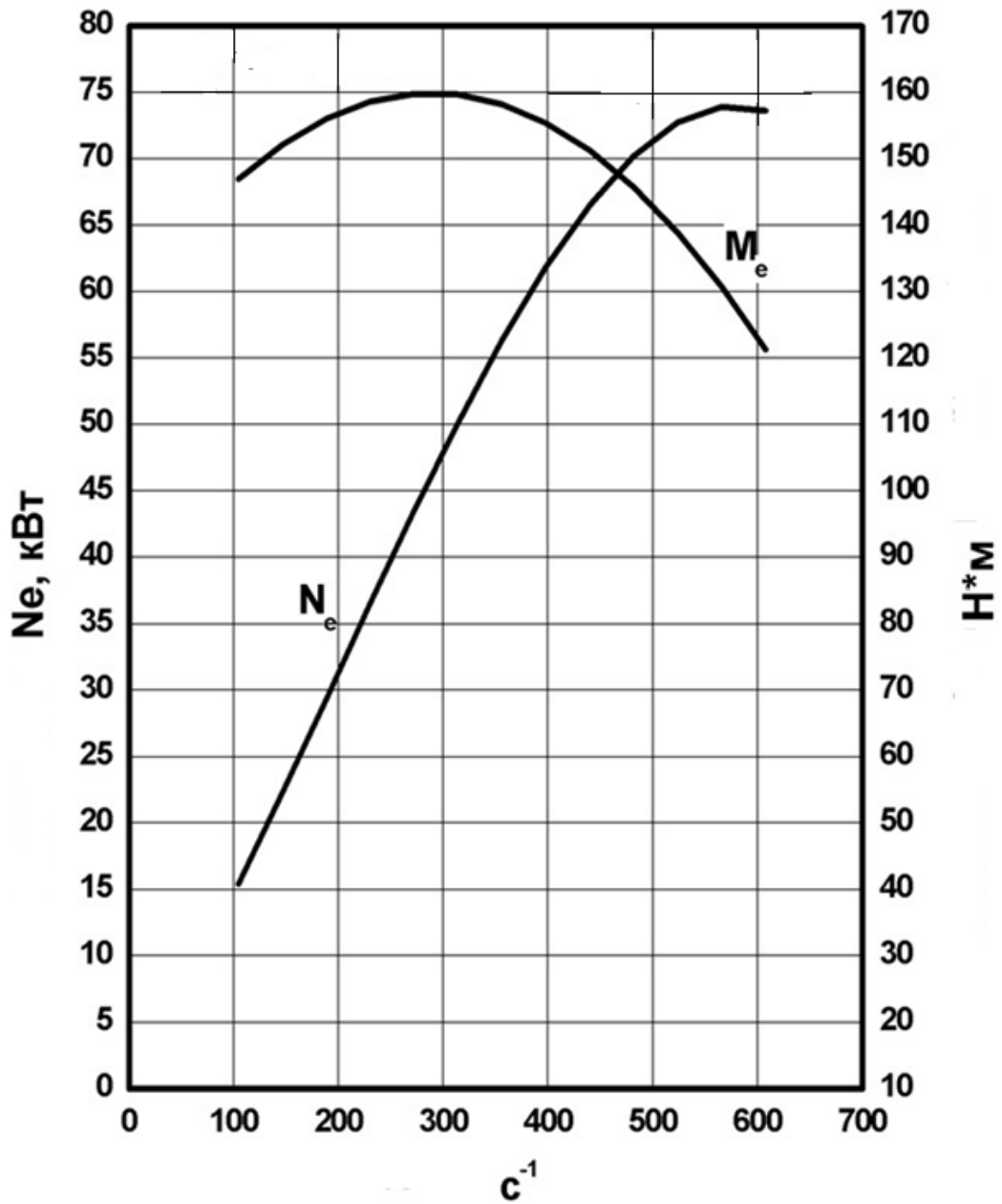


Рисунок А.1 – ВСХ двигателя

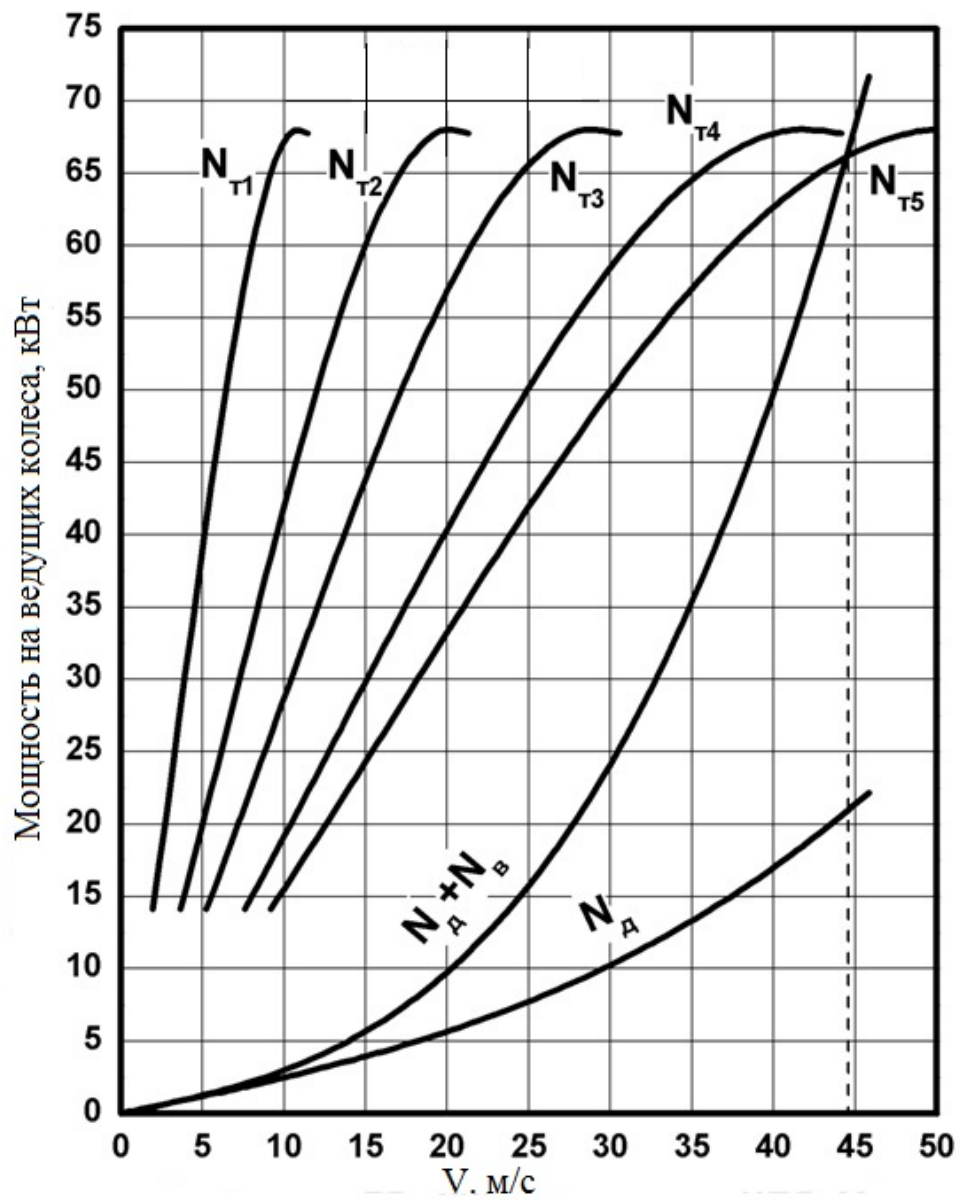


Рисунок А.2 – Мощностной баланс автомобиля на различных передачах

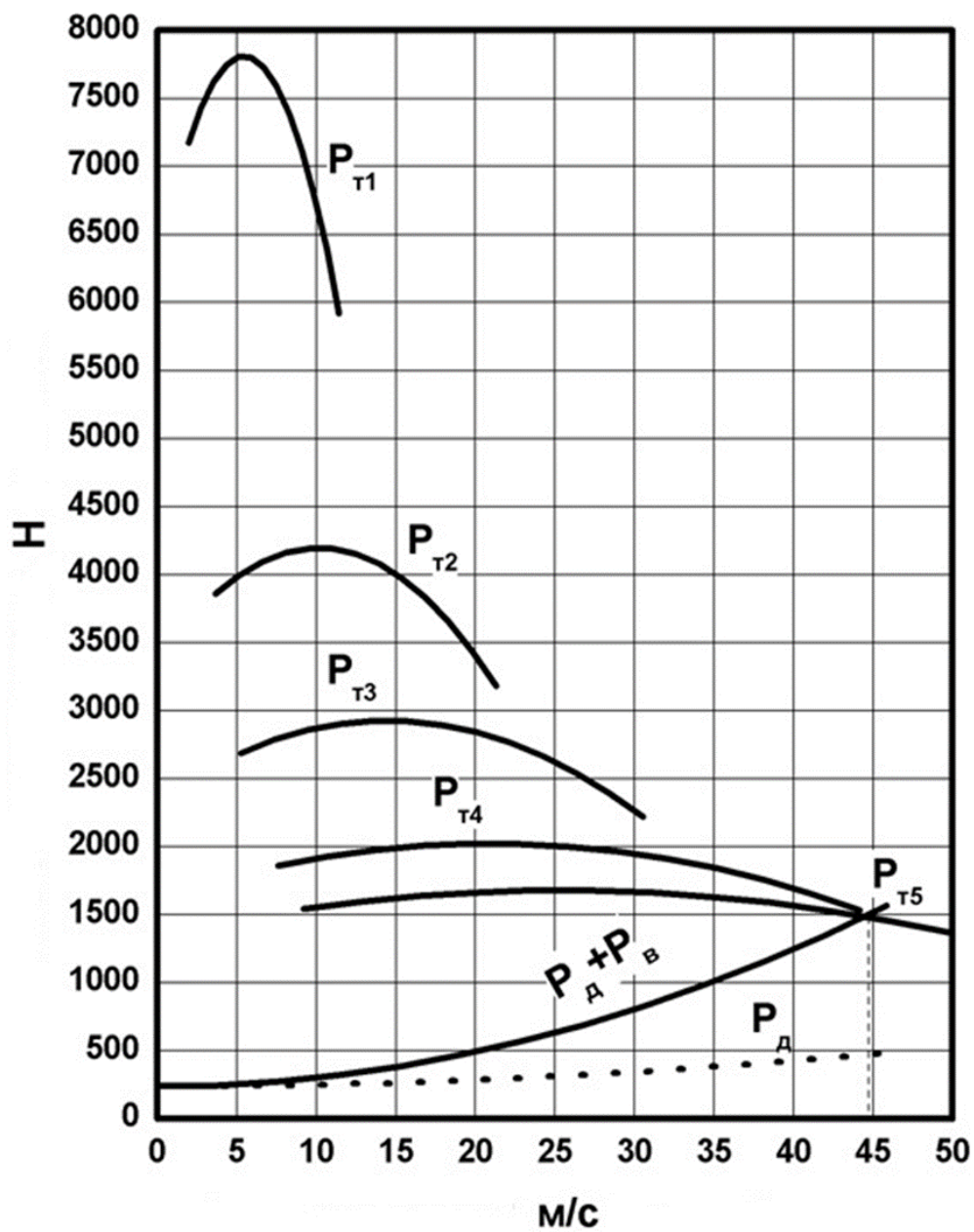


Рисунок А.3 – Тяговый баланс автомобиля на различных передачах

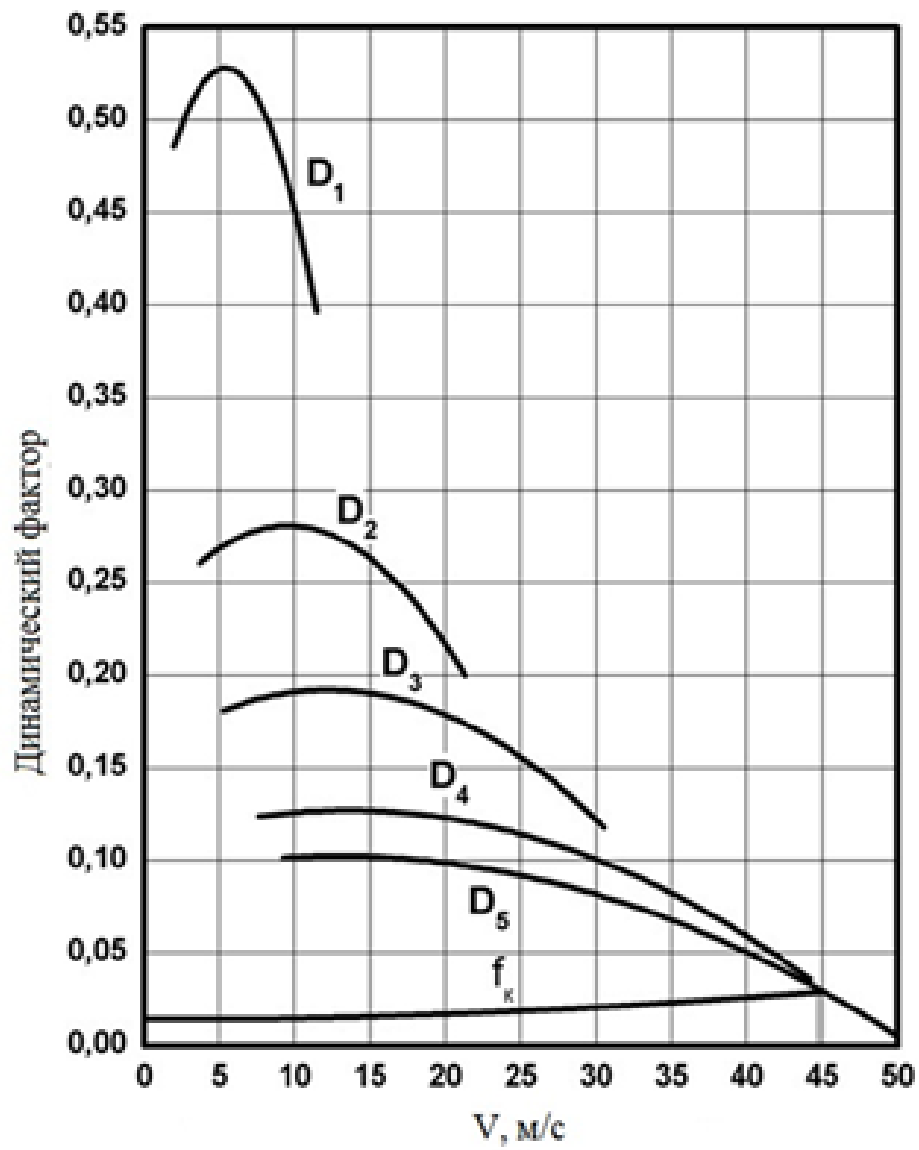


Рисунок А.4 – Динамический фактор автомобиля на различных передачах

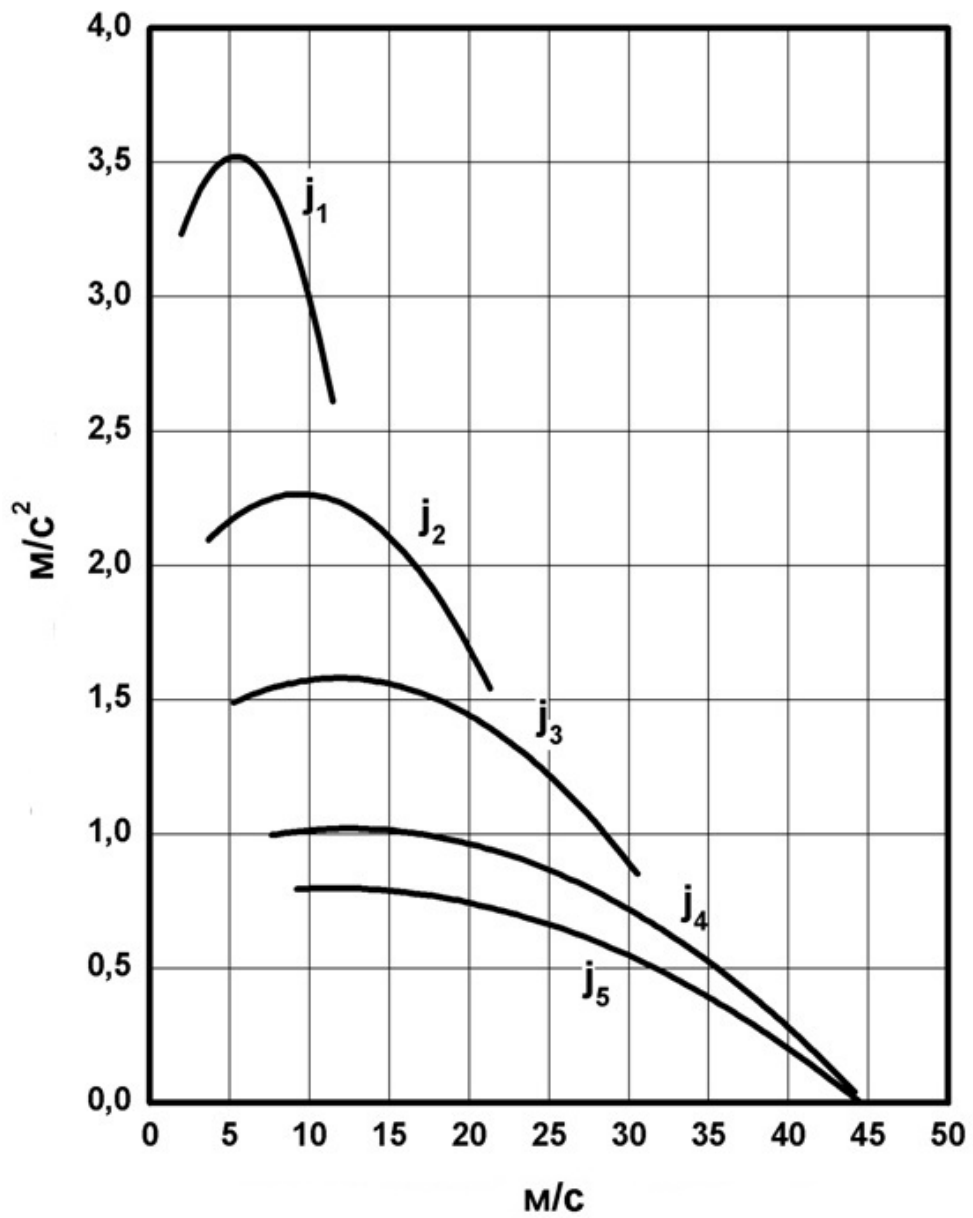


Рисунок А.5 – Ускорение автомобиля на различных передачах

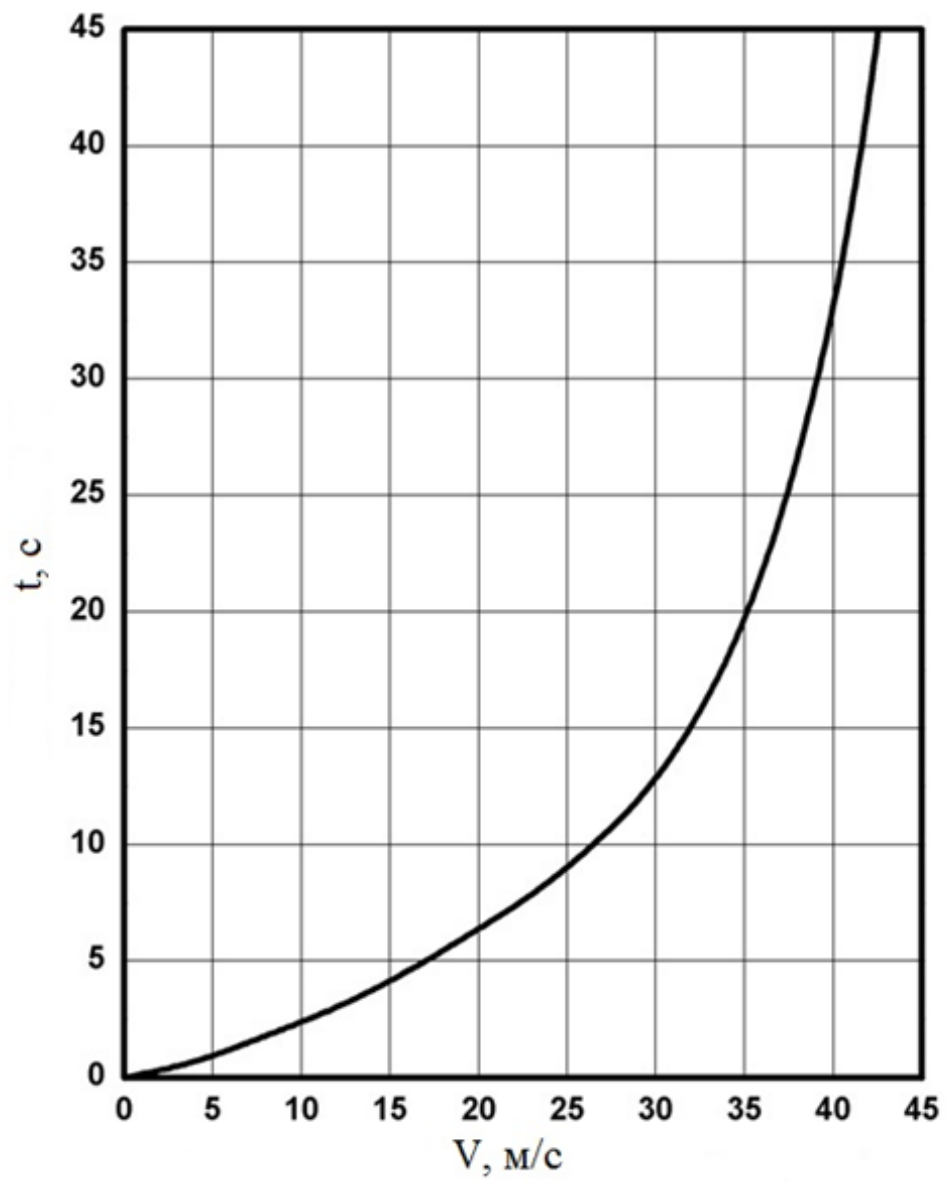


Рисунок А.6 – Время разгона

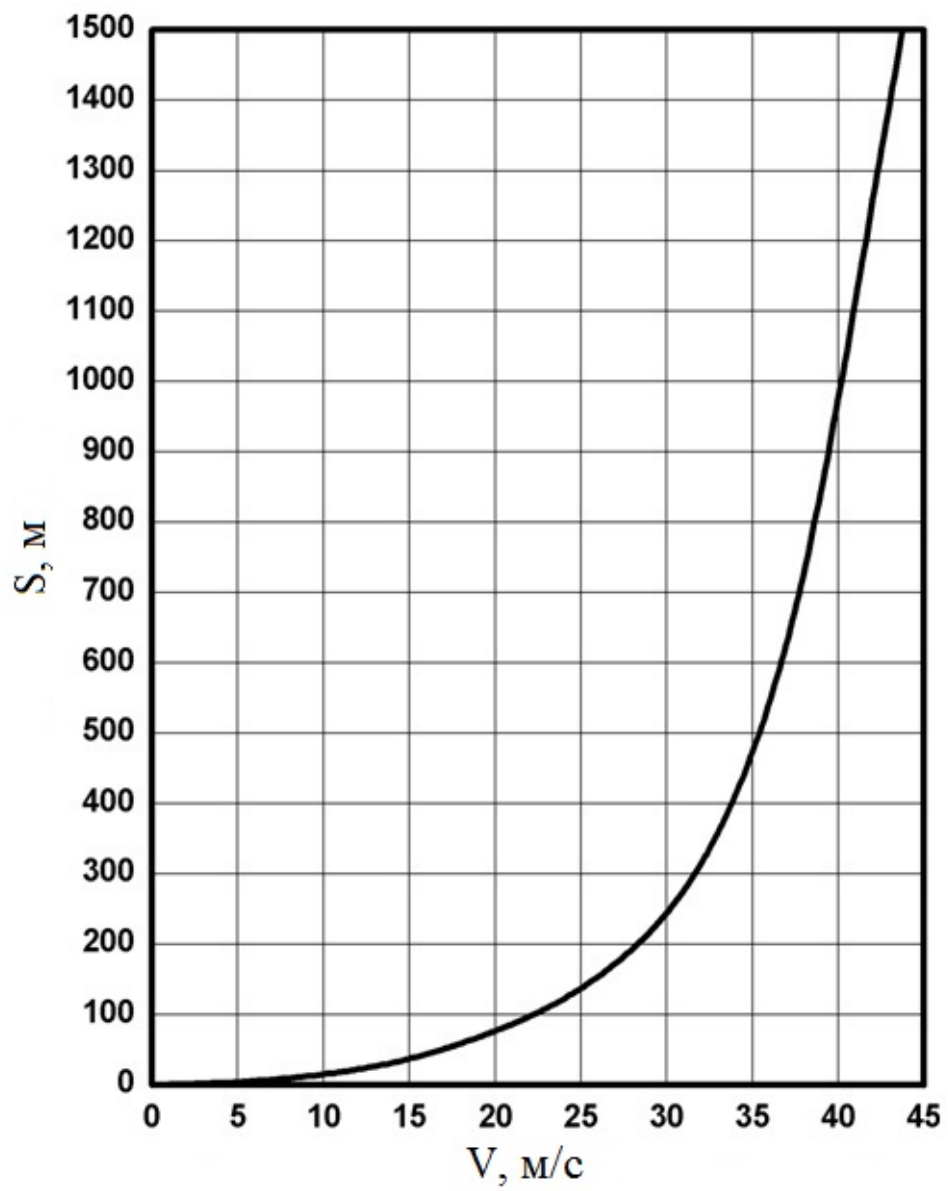


Рисунок А.7 – Путь разгона

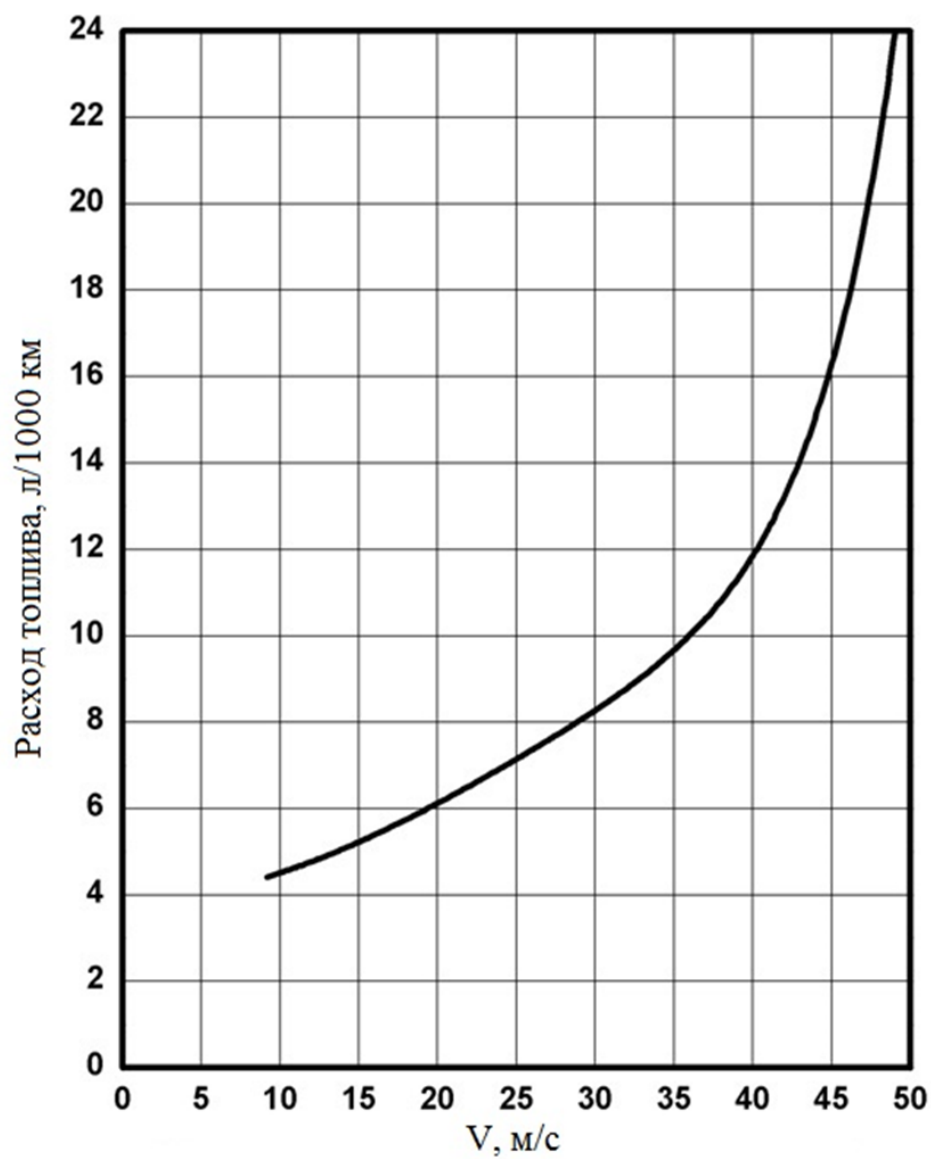


Рисунок А.8 – Топливная экономичность

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Спецификация

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A1			19.ДП.ПчЭА.246.02.000СБ	Стойка телескопическая передней подвески левая сборе Сборочный чертеж		
<i>Сборочные единицы</i>						
A1	1		19.ДП.ПчЭА.246.02.011	Стойка телескопическая передней подвески	1	
Б4	2		19.ДП.ПчЭА.246.02.012	Буфер хода сжатия в сборе	1	
Б4	3		19.ДП.ПчЭА.246.02.013	Опора верхняя в сборе	1	
<i>Детали</i>						
Б4	4		19.ДП.ПчЭА.246.02.014	Пружина передней подвески	1	
Б4	5		19.ДП.ПчЭА.246.02.015	Прокладка изолирующая пружины	1	
Б4	6		19.ДП.ПчЭА.246.02.016	Чашка верхняя пружины	1	
Б4	7		19.ДП.ПчЭА.246.02.017	Ограничитель опоры нижний	1	
Б4	8		19.ДП.ПчЭА.246.02.018	Ограничитель	1	
				19.ДП.ПчЭА.246.02.000		
Изм. Лист		№ докум.		Подп.	Дата	
Разраб.		Галкин В.О.				
Проб.		Лата В.Н.				
Руков.		Лата В.Н.				
Н.контр.		Егоров А.Г.				
Утв.		Бодровский А.В.				
				Стойка телескопическая передней ⁹² подвески в сборе		
Лит.		Лист		Листов		
		1		2		
ТГУ, ИМ зр. АТ-1402						

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A1			19.ДП.ПчЭА.246.02.000СБ	Стойка телескопическая передней подвески Сборочный чертеж		
<i>Сборочные единицы</i>						
Б4	1		19.ДП.ПчЭА.246.02.021	Корпус стойки амортизаторной	1	
Б4	2		19.ДП.ПчЭА.246.02.022	Шток стойки амортизаторной в сборе	1	
Б4	3		19.ДП.ПчЭА.246.02.023	Сальник стойки в сборе	1	
Б4	4		19.ДП.ПчЭА.246.02.024	Втулка направляющая	1	
<i>Детали</i>						
Б4	5		19.ДП.ПчЭА.246.02.026	Опора буфера сжатия	1	
Б4	6		19.ДП.ПчЭА.246.02.027	Цилиндр амортизаторной стойки	1	
Б4	7		19.ДП.ПчЭА.246.02.028	Плунжер буфера отдачи	1	
Б4	8		19.ДП.ПчЭА.246.02.029	Пружина буфера отдачи	1	
Б4	9		19.ДП.ПчЭА.246.02.030	Пружина впускного клапана	1	
Б4	10		19.ДП.ПчЭА.246.02.031	Диск клапана сжатия	2	
Б4	11		19.ДП.ПчЭА.246.02.032	Корпус клапана сжатия	1	
				19.ДП.ПчЭА.246.02.000		
Изм. Лист		№ докум.		Подп.	Дата	
Разраб.		Галкин В.О.				
Проб.		Лата В.Н.				
Руков.		Лата В.Н.				
Н.контр.		Егоров А.Г.				
Утв.		Бодровский А.В.				
				Стойка телескопическая передней подвески		
Лит.		Лист		Листов		
		1		2		
ТГУ, ИМ зр. АТ-1402						

