

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
задней подвески

Студент

Е.В. Вайзгейм

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Н.С. Соломатин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Н. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Г. Егоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

О.А. Головач

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

И.о.заведующий кафедрой

к.т.н., доцент А.В. Бобровский

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

(личная подпись)

« _____ »

20 _____ г.

Тольятти 2018

АННОТАЦИЯ

При жесткой конкуренции в автомобильной отрасли необходимо находить дешевые технические решения для улучшения потребительских качеств продукта. Одним из лидеров по продажам среди бюджетных автомобилей является LADA Granta. В качестве цели дипломного проекта определена необходимость улучшить управляемость и уменьшить крены в поворотах данного автомобиля. Методом достижения было выбрано модернизировать заднюю подвеску, а именно пересмотреть характеристику демпфирования амортизатора и жесткость пружины.

Для достижения цели произведен обзор конструкций подвесок и направления их развития. Рассчитаны требуемые параметры и выполнены графические построения. Выполнен анализ технологичности конструкции при массовом производстве и расчет экономических показателей.

Все выполненные расчет подтверждают правильность выбранного пути по достижению поставленной цели. Внедрение данных решений позволит поддержать спрос на автомобиль на высоком уровне.

ANNOTATION

The diploma project is devoted to the modernization of the rear suspension of a second-class front-wheel-drive car. The aim of the project is to improve the handling, ride comfort and reduce bias. To perform the task, it is necessary to change the characteristic of the shock absorber and the spring.

The graduation work consists of an explanatory note on 88 pages, introduction, including 12 figures, 44 tables, the list of 17 references including 5 foreign sources and 2 appendices, and the graphic part on 10 A1 sheets.

All five parts look toward reach the target of diploma project. The first part contains an overview of the suspensions, their design, promising directions in development. The second part contains traction calculation of the car, calculation of the shock absorber and springs. The third part is devoted to the technology of rear suspension assembly. The fourth part confirms environmental safety and working conditions. The fifth part contains the calculation of economic indicators.

This work confirms the effectiveness of the chosen upgrade option. The developed details are technologically advanced in mass production. The project is effective from the point of view of the economy, the payback period is less than a year. Overall, the results suggest that this project is useful for the automaker. This result is consistent with target of diploma project.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 Состояние вопроса.....	7
1.1 Функции подвески транспортного средства.....	7
1.2 Требования, предъявляемые к подвеске.....	7
1.3 Конструкции подвесок.....	8
1.4 Основные направления развития конструкции подвесок.....	10
1.5 Выбор и обоснование принятого варианта задней подвески.....	13
2 Конструкторская часть.....	15
2.1 Тяговый расчет автомобиля.....	15
2.2 Компоновочная схема задней подвески.....	28
2.3 Нагрузки на колёсах.....	29
2.4 Расчёт задней подвески на плавность хода.....	31
2.5 Расчёт стабилизатора задней подвески автомобиля.....	33
2.6 Расчёт амортизатора.....	34
3 Технологическая часть.....	41
3.1 Схема сборки.....	41
3.2 Трудоемкость сборки.....	41
3.3 Технологическое нормирование.....	41
3.4 Выбор организационной формы сборки.....	42
3.5 Планировка производства сборки.....	42
4. Безопасность и экологичность проекта.....	43
4.1 Анализ изменения жесткости подвески на транспортное средство ...	43
4.2 Нормативные требования к управляемости и устойчивости транспортных средств	43
4.2 Описание рабочего места, оборудования, выполняемых операций...	43
4.3 Рабочее место, оборудование, операции.....	44
4.4 Мероприятия по созданию безопасных условий труда.....	45
4.4.1 Защита от шума.....	45

4.4.2 Утомляемость.....	45
4.4.3 Защита от отлетающих предметов.....	45
4.5 Пожарная безопасность.....	45
4.6 Электробезопасность.....	46
4.6.1 Защита от статического электричества.....	47
4.7. Инженерные расчеты.....	47
4.7.1 Производственное искусственное освещение.....	48
4.7.2 Вентиляция производственного помещения.....	49
4.8 Экологическая объекта.....	50
4.9 Действия при чрезвычайных ситуациях.....	50
4.10 Вывод.....	51
5. Экономическая часть.....	52
5.1 Исходные данные для расчета себестоимости проектируемого изделия.....	52
5.2 Себестоимость.....	53
5.3 Расчет точки безубыточности проекта.....	57
5.4 Расчет коммерческой эффективности проекта.....	59
5.5 Общественный эффект, получаемый в результате уменьшения вероятности попадания автомобиля в ДТП.....	63
5.6 Вывод.....	68
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	69
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	70
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	72
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	76

ВВЕДЕНИЕ

Современный автомобиль давно перестал быть просто средством передвижения, призванным доставить человека из одной точки в другую. Покупатели автомобиля хотят передвигаться с максимальным уровнем комфорта, получая удовольствие от управления транспортным средством. Данные требования призваны обеспечить множество механических, электрических и электронных систем. Комфорт водителя и пассажиров, управляемость и безопасность во время движения, вот далеко не полный перечень свойств, которые призвана обеспечить подвеска автомобиля.

Подвеска выполняет функции соединения колес с кузовом, передает на направляющий аппарат силы и моменты, возникающие при взаимодействии колес с дорогой, обеспечивает требуемую управляемость и плавность хода, курсовую устойчивость. На массовых автомобилях с наиболее распространенными типами подвесок, улучшение управляемости и устойчивости приводит к ухудшению плавности хода. Таким образом настройка подвески – это всегда компромисс между управляемостью и комфортом во время движения.

Наиболее важным критерием для покупателя автомобиля массового сегмента – это цена транспортного средства и стоимость его содержания. Производитель всегда находится в условиях при которых требуется снизить затраты на производство автомобиля и сохранить оптимальный баланс управляемости и комфорта.

Учитывая изложенное выше, в данной курсовой работе предполагается улучшить управляемость и устойчивость легкового автомобиля 2-го класса за счет модернизации задней подвески.

1. Состояние вопроса

1.1 Функции подвески транспортного средства

Подвеска автомобиля выполняет следующие функции:

- поглощение ударов и толчков передающихся на кузов от дорожного полотна. Данная функция обеспечивает комфорт пассажиров и снижение нагрузок на кузов;

- стабилизация автомобиля при движении за счет обеспечения контакта шины с дорожным полотном. Данная функция обеспечивает управляемость, курсовую устойчивость, эффективную работу тормозной системы автомобиля;

- сохранение заданной геометрии перемещения и положения колес. Данная функция обеспечивает точность рулевого управления при движении и торможении.

1.2 Требования, предъявляемые к подвеске

Основные требования, предъявляемые к подвеске:

- надежность и долговечность элементов подвески в условиях ежедневной эксплуатации автомобиля;

- технологичность элементов подвески. Элементы подвески должны быть просты в изготовлении и сборке;

- цена элементов подвески должна быть минимальной;

- масса подвески должна быть минимальной, в частности неподрессоренная;

- характеристики подвески должны обеспечивать наилучшее соотношение управляемости, устойчивости, плавности хода;

- демпфирующая характеристика должна обеспечивать эффективное гашение возникающих колебаний;

- кинематика подвески должна обеспечивать наилучшее положение колеса при полных ходах отбоя и сжатия и углов установки колес;

- ремонтпригодность – возможность или отремонтировать вышедшие из строя элементы подвески с минимальными финансовыми затратами и временем [1].

1.3 Конструкции подвесок

Подвески делятся на зависимые, независимые, полузависимые.

Зависимая подвеска – колеса связаны между собой с помощью балки или неразрезного моста. В данной конструкции перемещение одного колеса ведет за собой перемещение другого колеса. Могут применяться рессоры, пружины или пневмобаллоны. При использовании пружин и пневмобаллонов применяются специальные тяги для удержания моста. К достоинствам данного типа подвесок можно отнести простоту конструкции, простоту обслуживания, стойкость к перегрузкам. К минусам относятся плохая управляемость и устойчивость как на больших, так и на малых скоростях, недостаточный комфорт за счет большой неподрессоренной массы. Еще одним минусом является проблема с компоновкой, для данного типа подвески характерны большие хода, что требует большего свободного пространства вокруг подвески [1].

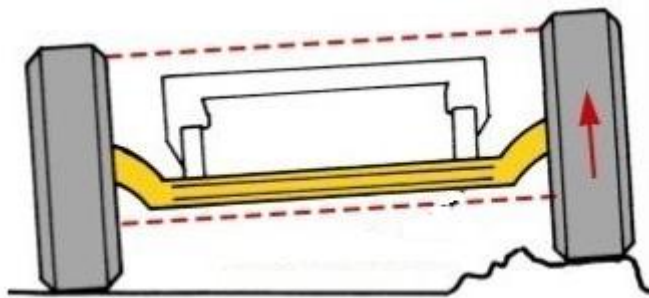


Рисунок 1.1 – Зависимая подвеска

Независимая подвеска – колеса не имеют жесткой связи между собой. В данной конструкции перемещение одного колеса не ведет за собой перемещение другого колеса, они могут изменять вертикальное положение независимо друг от друга. К достоинствам данного типа подвески можно отнести хорошую управляемость, устойчивость, лучший комфорт за счет

меньшей неподрессоренной массы, возможность регулировки углов установки колес, требует меньше пространства при компоновке. К минусам относится сложная и соответственно дорогая конструкция, меньшая надежность.

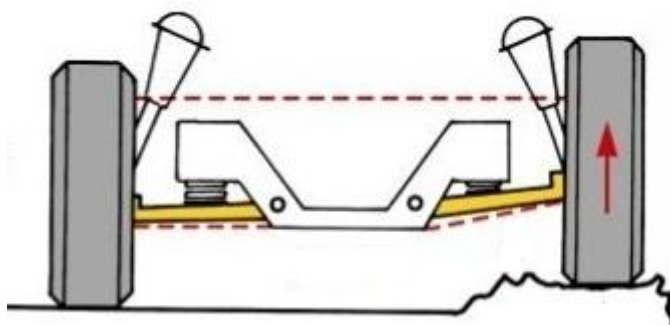


Рисунок 1.2 – Независимая подвеска

Полузависимая подвеска – колеса связаны между собой, но есть возможность их небольшого перемещения относительно друг друга. Это обеспечивается за счет упругих свойств балки соединяющей колеса. К достоинствам данного типа подвески можно отнести небольшую стоимость, простоту конструкции и изготовления, высокую надежность. К недостаткам можно отнести необходимость большого пространства для компоновки, худшие чем у независимой подвески показатели по управляемости и курсовой устойчивости. Данный тип подвески преимущественно применяется в качестве задней подвески на небольших легковых автомобилях массового сегмента [3].



Рисунок 1.3 – Полунезависимая задняя подвеска

1.4 Основные направления развития конструкции подвесок

Все подвески автомобилей состоят из упругих, направляющих и демпфирующих элементов.

Упругие элементы – воспринимают нагрузки от неровностей дорожного полотна. К данному типу относятся пружины, рессоры, пневмоэлементы, торсионы. Также к данному типу относятся буферы хода отбоя и сжатия.

Наиболее популярным упругим элементом в настоящее время является пружина. Она проста в изготовлении и при компоновке, т.к. занимает мало места. Пружины бывают цилиндрические, конические, бочкообразные, с постоянным и переменным сечением диаметра витка, что обеспечивает как линейную, так и нелинейную характеристику.

Рессора представляет из себя одну или пакет из упругих металлических листов, применяемых для соединения кузова и моста. Данный тип подвески в настоящее время применяется на легких коммерческих автомобилях и грузовиках.



Рисунок 1.4 – Подвеска на продольных рессорах

В настоящее время все большую популярность приобретают подвески в которых в качестве упругих элементов используются пневмобаллоны. Применение данного упругого элемента позволяет регулировать высотное положение кузова, улучшить показатели управляемости, устойчивости и плавности хода не пренебрегая одним из них для улучшения другого. Но данное решение имеет высокую стоимость, поэтому применяется только на дорогих автомобилях [2].

Демпфирующие элементы – гасят колебания кузова от неровностей дорожного полотна. К данному типу относятся амортизаторы.

Назначение амортизатора — это демпфирование ударов от дороги и гашение колебаний. Одна из наиболее важных задач амортизатора в обеспечении постоянного контакта колес автомобиля с поверхностью дороги. При неисправном амортизаторе существенно ухудшается устойчивость автомобиля, снижается безопасность и комфорт при движении, появляются «клевки» при торможении, что приводит к разгрузке задней оси и снижению эффективности задних тормозов. Основным принцип работы амортизатора – это преобразование энергии от перетекания жидкости в тепловую энергию. При перемещении штока амортизатора, жидкость перетекает через клапана, т.о. она создает сопротивление движению штока и преобразовывает энергию в тепловую. Данное сопротивление называют демпфированием, а усилие необходимое для перемещения штока на различных скоростях называют усилием демпфирования.

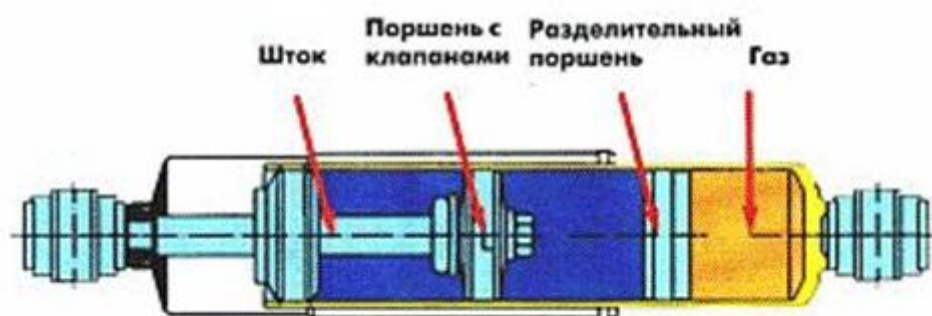


Рисунок 1.5 – Однотрубный амортизатор

Амортизатор - это одно из подвижных звеньев связывающее кузов автомобиля и непрессоренные массы (колеса, шины и прочее).

Вне зависимости от типа амортизатора, основные элементы конструкции одинаковые. Все амортизаторы состоят из цилиндра наполненного рабочей жидкостью, внутри которого перемещается поршень

соединенный с нижнем концом штока. Верхний конец штока всегда крепится на кузов автомобиля. В поршнях имеются отверстия для перетекания рабочей жидкости. Подбирая сечения отверстий, можно регулировать усилие перемещения штока. Соединение амортизатора с кузовом происходит через упругий элемент (сайлентблок), на подвеске амортизатор может иметь жесткое крепление или тоже с помощью сайлентблока [4].

Двухтрубный амортизатор состоит из двух цилиндров, один из которых помещен внутри другого, расположение цилиндров соосное. Таким образом образовывается две камеры, рабочая и компенсационная. Поршень соединенный со штоком перемещается внутри рабочей камеры. Рабочая и компенсационная камера соединены друг с другом с помощью клапана сжатия (донный клапан). Внешняя камера может быть частично заполнена азотом или воздухом.

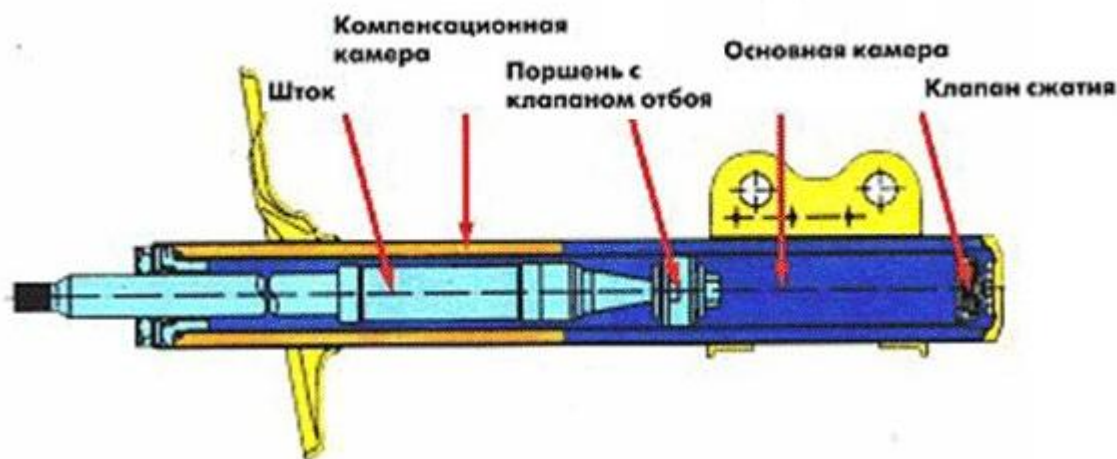


Рисунок 1.6 – Двухтрубный амортизатор

Преимущество данного типа амортизаторов в небольшой себестоимости, небольшой длине, невысоком внутреннем давлении и высокой устойчивости к механическим повреждениям. При деформации наружной трубы, внутренняя сохраняет свою геометрию [5].

К недостаткам можно отнести склонность к вспениванию масла, следовательно, снижение эффективности амортизатора, склонность к

перегревам, жестким требованием к хранению и перемещению, т.к. амортизатор может перемещаться только в положении – штоком вверх.

Одной из разновидностей амортизаторов – это активные амортизаторы, способные изменять демпфирующую характеристику, но они дороги и сложны в изготовлении.

Направляющие элементы – обеспечивают заданное перемещение колеса. К данному виду относятся рычаги, тяги, рессоры.

Рычаги подвески имеют большое разнообразие по конструкции и варианту изготовления. В настоящее время на абсолютном большинстве автомобилей применяются штампованные рычаги. Достоинство данных рычагов в небольшой массе и стоимости изготовления.

На автомобилях, предназначенных для эксплуатации в жестких условиях, где штампованный рычаг не может выдержать нагрузки, применяют кованые рычаги. Одним из таких автомобилей, где применен кованный рычаг, является внедорожник LADA 4x4.



Рисунок 1.7 – Рычаг автомобиля LADA 4x4

1.5 Выбор и обоснование принятого варианта задней подвески

Задняя зависимая подвеска может быть рассмотрена в качестве проектного варианта. Данная конструкция надежная и несложная. Но по причине большой неподдресоренной массы, автомобиль будет иметь недостаточную плавность хода, склонность к заносу при поворотах, что существенно влияет на безопасность транспортного средства. Поэтому данный вариант нежелательно использовать на перспективном автомобиле.

Можно рассмотреть конструкцию задней подвески со скручивающейся балкой. Данная конструкция хорошо противодействует боковым колебаниям, но это является большим плюсом только для внедорожников. В тоже время данная подвеска имеет особенность, характеризуемую «клевком» кузова при торможении, что делает ее не лучшим вариантом для автомобиля эксплуатируемого в условиях мегаполисов [5].

Как проектный вариант, предлагается рассмотреть заднюю полузависимую подвеску на связанных рычагах. Конструкция несложная и надежная, обеспечивает хорошую плавность хода, устойчивость и управляемость. Малая неподрессоренная масса, меньшая себестоимость изготовления и сборки, хорошая компоновка делает данный вариант подвески наиболее актуальным для расчета. Данная конструкция наиболее полно отвечает современным тенденциям и требованиям к задней подвеске бюджетных автомобилей.

В качестве целевых данных при проектировании выбраны:

- хорошие ездовые показатели;
- повышенные показатели комфорта;
- уменьшенная трансляция шума в салон автомобиля;
- малый вес конструкции;
- низкая себестоимость.

Исходя из целевых требований, принято решение спроектировать заднюю подвеску с учетом взаимной связи с передней подвеской на стойках, с измененными жесткостными характеристиками упругих элементов.

Наиболее оптимальной конструкцией для выполнения вышеперечисленных требований является задняя подвеска со связанными рычагами.

2. Конструкторская часть

2.1 Тяговый расчет автомобиля

Определение полной массы автомобиля

$$m_a = m_0 + (m_{\text{п}} + m_6) \cdot n_{\text{п}}, \quad (2.1)$$

$$m_a = 1060 + (75 + 10) \cdot 5 = 1485 \text{ (кг)}.$$

Определяем статический радиус колеса

Шины 185/60 R14 радиальные, определяем радиус качения колеса.

$d = 14'' = 14 \cdot 2,54/100 = 0,3556 \text{ (м)}$ – посадочный диаметр,

$$H = 185 \cdot 0,60/1000 = 0,111 \text{ (м)};$$

H – высота профиля шины,

λ_z - коэффициент вертикальной деформации. $\lambda_z = (0,85-0,87)$;

$$r_{\text{ст}} = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H = 0,5 \cdot 0,3556 + 0,85 \cdot 0,111 = 0,272 \text{ (м)} \quad (2.2)$$

$$r_{\text{ст}} = r_{\text{д}} = r_{\text{к}}.$$

Коэффициент обтекаемости

$$K = C_x \cdot \rho/2 = 0,39 \cdot 1,293/2 = 0,25 \quad (2.3)$$

Лобовая площадь легкового автомобиля

$$F = 0,8 \cdot V_{\text{г}} \cdot H_{\text{г}} = 0,8 \cdot 1,700 \cdot 1,500 = 2,04 \text{ (м)} \quad (2.4)$$

Определение коэффициента сопротивления качению

$$f = f_0 \cdot \left(1 + \frac{V_{\text{а max}}^2}{2000} \right), \quad (2.5)$$

$$f = 0,012 \cdot \left(1 + \frac{48,61^2}{2000} \right) = 0,026$$

Передаточное число главной передачи

$$U_{\text{гп}} = \frac{\omega_{\text{max}} \cdot r_{\text{к}}}{U_{\text{к}} \cdot V_{\text{max}}} = \frac{628 \cdot 0,27}{43,749} = 3,9 \quad (2.6)$$

$U_0 = (3,7-5,1)$ – для переднеприводных автомобилей,

$r_{\text{к}}$ – радиус колеса(м);

$U_{\text{к}} = (0,7 - 0,9)$ – передаточное число высшей передачи коробки передач.

Расчет внешней скоростной характеристики

$$N_v = 1/\eta_{тр}(G_a \cdot \psi_v \cdot V_{max} + C_{x\rho}/2 \cdot F \cdot V_{max}^3), \quad (2.7)$$

$$N_v = 1/0,9 \cdot (14567,85 \cdot 0,026 \cdot 48,61 + 0,25 \cdot 2,04 \cdot 48,61^3) = 86102 \text{ Вт} = 86,1 \text{ кВт}$$

Полный вес автомобиля:

$$G_a = m_a \cdot g = 1485 \cdot 9,81 = 14567,85 \quad (2.8)$$

Максимальная мощность двигателя

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

a, b, c – эмпирические коэффициенты,

для карбюраторных двигателей $a = b = c = 1$;

$$N_{max} = \frac{86,1}{1 \times 1 + 1 \times 1^2 + 1 \times 1^3} = 86,1 \text{ (кВт)} \quad (2.10)$$

Определение текущих значений мощности

$$N_e = N_{max} \cdot \left[a \cdot \frac{\omega_e}{\omega_n} + b \cdot \left(\frac{\omega_e}{\omega_n} \right)^2 - c \cdot \left(\frac{\omega_e}{\omega_n} \right)^3 \right], \quad (2.11)$$

a, b, c – эмпирические коэффициенты, характеризующие тип двигателя,

для карбюраторных двигателей $a = b = c = 1$;

n_e – число оборотов двигателя, $n_{e \min} = 83,73$ (рад/с); $n_{e \max} = 628$ (рад/с)

n_n – число оборотов двигателя при максимальной мощности,

$n_n = 6000$ (об/мин) = 628 (Рад/с).

Результаты вычислений сводим в таблицу

Определение текущих значений крутящих моментов

Крутящий момент двигателя можно определить по формуле

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e}, \text{ (Н} \cdot \text{м)} \quad (2.12)$$

Результаты вычислений сводим в таблицу

Таблица 2.1 – Крутящий момент

n_e , рад/с	N_e , кВт	M_e , Н · м
83,73	12,81	152,99

104,6	16,35	156,16
Продолжение таблицы 2.1		
209,3	35,07	167,56
314	53,81	171,37
418,7	70,16	167,57
523,3	81,71	156,14
628	86,1	137,1

На основании полученных данных строим ВСХД.

Определение передаточных отношений КПП

$$\frac{G_a \cdot \psi_{\max} \cdot r_k}{M_{e \max} \cdot U_{ГП} \cdot \eta_T} \leq U_{\kappa 1} \leq \frac{G_{сц} \cdot \varphi \cdot r_k}{M_{e \max} \cdot U_{ГП} \cdot \eta_T}, \quad (2.13)$$

$$G_a = 14567,85$$

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2$$

$$\psi_{\max} = 0,36$$

$$r_k = 0,27 \text{ м},$$

$$M_{e \max} = 170,273 \text{ (Н·м)}$$

$$U_{ГП} = 3,57$$

$$\eta_T = 0,9$$

$G_{сц} = 8740,71 \text{ (Н)}$ – сценой вес автомобиля.

$$G_{сц} = m_1 \cdot g = 891 \cdot 9,81 = 8740,71 \text{ (Н)} \quad (2.14)$$

$$m_1 = 0,6 \cdot m_a = 0,6 \cdot 1485 = 891 \quad (2.15)$$

$$\varphi = 0,8$$

φ - коэффициент сцепления ведущих колес с дорогой

$$\frac{14567,85 \cdot 0,36 \cdot 0,27}{171,37 \cdot 0,9 \cdot 3,57} \leq U_{\kappa 1} \leq \frac{8741 \cdot 0,8 \cdot 0,27}{171,37 \cdot 0,9 \cdot 3,57}$$

$$2,38 \leq U_{\kappa 1} \leq 3,5$$

$$U_{\kappa 1} = 3,5$$

$$\frac{U_{\kappa 1}}{U_{\kappa 2}} = \frac{U_{\kappa 2}}{U_{\kappa 3}} = \frac{U_{\kappa 3}}{U_{\kappa 4}} = \kappa = \text{const} \quad (2.16)$$

$$U_{\kappa 2} = \sqrt[4]{U_{\kappa 1}^3} = \sqrt[4]{3,5^3} = 2,5$$

$$U_{\kappa 3} = \sqrt[4]{U_{\kappa 1}^2} = \sqrt[4]{3,5^2} = 1,8$$

$$U_{\kappa 4} = \sqrt[4]{U_{\kappa 1}} = \sqrt[4]{3,5} = 1,3$$

$$U_{\kappa 5} = 1$$

Анализ тягово-скоростных свойств автомобиля

Скорость на каждой передаче

$$V_a = \frac{\omega_e \cdot r_{\kappa}}{U_{\kappa} \cdot U_{\text{ГП}}} = \frac{\omega_e \cdot 0,27}{U_{\kappa} \cdot 3,57} = 0,075 \cdot \frac{\omega_e}{U_{\kappa}} \quad (2.17)$$

$$r_{\kappa} = 0,27(\text{м})$$

$$U_{\text{ГП}} = 3,57$$

$$\text{Для I передачи: } V_a = 0,075 \cdot \frac{\omega_e}{U_{\kappa 1}} = 0,075 \cdot \frac{\omega_e}{3,5}$$

$$\text{Для II передачи: } V_a = 0,075 \cdot \frac{\omega_e}{U_{\kappa 2}} = 0,075 \cdot \frac{\omega_e}{2,5}$$

$$\text{Для III передачи: } V_a = 0,075 \cdot \frac{\omega_e}{U_{\kappa 3}} = 0,075 \cdot \frac{\omega_e}{1,8}$$

$$\text{Для IV передачи: } V_a = 0,075 \cdot \frac{\omega_e}{U_{\kappa 4}} = 0,075 \cdot \frac{\omega_e}{1,3}$$

$$\text{Для V передачи: } V_a = 0,075 \cdot \frac{\omega_e}{U_{\kappa 5}} = 0,075 \cdot \frac{\omega_e}{1}$$

Результаты вычислений сводим в таблицу.

Таблица 2.2 – Скорость на каждой передаче

n_e , рад/с	$V_{a I}$, м/с	$V_{a II}$, м/с	$V_{a III}$, м/с	$V_{a IV}$, м/с	$V_{a V}$, м/с
83,73	1,85	2,53	3,46	4,73	6,47
104,6	2,31	3,16	4,33	5,92	8,09
209,3	4,62	6,32	8,65	11,83	16,18
314	6,94	9,49	12,97	17,75	24,28
418,7	9,25	12,65	17,3	23,66	32,37

Продолжение таблицы 2.2

523,3	11,56	15,81	21,62	29,57	40,46
628	13,87	18,97	25,95	35,49	48,55

Тяговый баланс автомобиля

$$F_{\kappa} = \frac{M_e \cdot U_{\kappa} \cdot U_{\text{ГП}} \cdot \eta_{\text{Г}}}{r} = \frac{M_e \cdot U_{\kappa} \cdot 3,57 \cdot 0,9}{0,27} = 11,9 \cdot M_e \cdot U_{\kappa} \quad (2.18)$$

Для I передачи: $P_m = 11,9 \cdot M_e \cdot U_{\kappa 1} = 11,9 \cdot M_e \cdot 3,5$

Для II передачи: $P_m = 11,9 \cdot M_e \cdot U_{\kappa 2} = 11,9 \cdot M_e \cdot 2,5$

Для III передачи: $P_m = 11,9 \cdot M_e \cdot U_{\kappa 3} = 11,9 \cdot M_e \cdot 1,8$

Для IV передачи: $P_m = 11,9 \cdot M_e \cdot U_{\kappa 4} = 11,9 \cdot M_e \cdot 1,3$

Для V передачи: $P_m = 11,9 \cdot M_e \cdot U_{\kappa 4} = 11,9 \cdot M_e \cdot 1$

где M_e – крутящий момент двигателя, (Н · м);

$u_{\text{зп}}$ – передаточное число главной передачи, $u_{\text{зп}} = 3,57$;

$u_{\text{кп}}$ – передаточные числа КПП, $u_{\text{I}} = 3,5$; $u_{\text{II}} = 2,5$; $u_{\text{III}} = 1,8$;

$u_{\text{IV}} = 1,3$; $u_{\text{V}} = 1$

$\eta_{\text{тп}}$ – КПД трансмиссии, $\eta_{\text{тп}} = 0,9$;

r_{κ} – радиус качения колеса, $r_{\kappa} = 0,27$ (м).

Результаты вычислений сводим в таблицу.

Таблица 2.3 – Тяговый баланс

M_e , Н · м	P_{TI} , Н	P_{TII} , Н	P_{TIII} , Н	P_{TIV} , Н	P_{TV} , Н
152,99	6233,51	4557,59	3332,26	2436,41	1781,00
156,16	6362,67	4652,02	3401,30	2486,90	1817,91
167,56	6827,16	4991,63	3649,60	2668,44	1950,62
171,37	6982,40	5105,13	3732,59	2729,12	1994,97
167,57	6827,57	4991,93	3649,82	2668,60	1950,73
156,14	6361,86	4651,43	3400,87	2486,58	1817,67
137,1	5586,08	4084,22	2986,16	2183,36	1596,02

Силы сопротивления движения

Силу сопротивления воздуха:

$$P_{\epsilon} = \frac{1}{2} \cdot C_x \cdot \rho \cdot F \cdot V_a^2, \text{ (Н)} \quad (2.19)$$

Результаты вычислений сводим в таблицу.

Таблица 2.4 – Сила сопротивлению движения

$V_{aI},$ м/с	$P_{\epsilon I},$ Н	$V_{aII},$ м/с	$P_{\epsilon II},$ Н	$V_{aIII},$ м/с	$P_{\epsilon III},$ Н	$V_{aIV},$ м/с	$P_{\epsilon IV},$ Н	$V_{aV},$ м/с	$P_{\epsilon V},$ Н
1,85	1,76	2,53	3,29	3,46	6,16	4,73	11,51	6,47	21,53
2,31	2,74	3,16	5,14	4,33	9,64	5,92	18,03	8,09	33,66
4,62	10,98	6,32	20,54	8,65	38,49	11,83	71,98	16,18	134,65
6,94	24,77	9,49	46,32	12,97	86,53	17,75	162,05	24,28	303,22
9,25	44,01	12,65	82,31	17,30	153,94	23,66	287,93	32,37	538,95
11,56	68,74	15,81	128,57	21,62	240,42	29,57	449,74	40,46	842,01
13,87	98,95	18,97	185,1	25,95	346,37	35,49	647,85	48,55	1212,39

Сила сопротивления качению автомобиля

$$P_f = G_a \cdot f_k \cdot \left(1 + \frac{V_a^2}{2000} \right) \cdot \cos \alpha, \text{ (Н)}, \quad (2.20)$$

G_a – вес автомобиля, Н;

f_k – коэффициент сопротивления качению, $f_k = 0,012$;

V_a – скорость автомобиля, м/с;

α – крутизна подъема, град, при расчете принимаем $\alpha = 0$.

$$G_a = m_a \cdot g, \text{ (Н)}, \quad (2.21)$$

Результаты вычислений сводим в таблицу (для V передачи)

Таблица 2.5 – Сопротивление качению

$V_a, \text{ м/с}$	6,47	8,09	16,18	24,28	32,37	40,46	48,55
$P_f, \text{ Н}$	178,47	180,53	197,70	226,34	266,40	317,90	380,84
$P_{\epsilon} \text{ Н}$	21,53	33,66	134,65	303,22	538,95	842,01	1212,4

Продолжение таблицы 2.5

$P_{\Sigma H}$	200,00	214,19	332,35	529,56	805,35	1159,91	1593,23
----------------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------

Динамический фактор

Динамическая характеристика показывает зависимость динамического фактора от скорости автомобиля на всех передачах. Характеристика зависит от параметров автомобиля и на характеристику не зависит влияние от дороги

$$D = \frac{P_T - P_e}{G_a}, \quad (2.22)$$

P_T – сила тяги на ведущих колесах, Н;

P_e – силы сопротивления воздуха, Н;

G_a – вес автомобиля, Н.

Результаты вычислений сводим в таблицу.

Таблица 2.6 – Динамический фактор

$V_{aI},$ м/с	D_I	$V_{aII},$ м/с	D_{II}	$V_{aIII},$ м/с	D_{III}	$V_{aIV},$ м/с	D_{IV}	$V_{aV},$ м/с	D_V
1,85	0,428	2,53	0,313	3,46	0,228	4,73	0,166	6,47	0,121
2,31	0,437	3,16	0,319	4,33	0,233	5,92	0,169	8,09	0,122
4,62	0,468	6,32	0,341	8,65	0,248	11,83	0,178	16,18	0,125
6,94	0,478	9,49	0,347	12,97	0,250	17,75	0,176	24,28	0,116
9,25	0,466	12,65	0,337	17,30	0,240	23,66	0,163	32,37	0,097
11,56	0,432	15,81	0,311	21,62	0,217	29,57	0,140	40,46	0,067
13,87	0,377	18,97	0,268	25,95	0,181	35,49	0,105	48,55	0,026

На основании рассчитанных значений строим график динамической характеристики автомобиля.

Мощностной баланс автомобиля

Мощность, затраченная на преодоление сил сопротивлению качения колес:

$$N_f = P_f \cdot V_a, \quad (2.23)$$

P_f - сила сопротивления качению автомобиля, Н;

V_a – скорость автомобиля, м/с.

Для учета влияние проскальзывания ведущих колёс, определяется динамический фактор по сцеплению:

$$D_{\text{сц}} = \frac{G_{\text{сц}} \times \varphi}{G_a} \quad (2.24)$$

$\varphi = 0,8$ – коэффициент сцепления колёс с дорогой.

$G_{\text{сц}}$ - сцепной вес автомобиля.

$D_{\text{сц}} = 0,47$

Мощность, затраченная на преодоление силы сопротивления воздуха:

$$N_e = P_e \cdot V_a, \quad (2.25)$$

P_e - сила сопротивления воздуха движению автомобиля, Н;

V_a – скорость автомобиля, м/с.

Расчет ведем для V передачи, так как на ней обеспечивается движение автомобиля с максимальной скоростью.

Мощность, развиваемая на ведущих колесах автомобиля:

$$N_T = N_e \cdot \eta_{\text{пр}}, \quad (2.26)$$

Результаты вычислений сводим в таблицу.

Таблица 2.7 – Мощностной баланс

V_{av} , м/с	N_f , кВт	N_e , кВт	N_T , кВт
6,37	1,04	0,13	11,49
8,05	1,37	0,26	14,65
16,11	3,17	2,16	31,46
24,18	5,41	7,25	48,57
32,23	8,33	17,38	63,24
40,37	12,74	34,02	73,78
48,15	18,38	58,74	77,09

Скорость $V_{a \max}$ определяется точкой пересечения кривой мощности N_T с кривой мощности $N_f + N_{\theta}$, затрачиваемой на преодоление сопротивлений качения и воздуха.

Ускорения разгона автомобиля

Ускорение во время разгона рассчитывают для случая движения транспортного средства по дороге с твердым покрытием хорошего качества, в режиме максимальной мощности двигателя и без проскальзывания ведущих колес.

Ускорение автомобиля:

$$J = \frac{D - f_k \cdot g}{\delta_{вр}}, \quad (2.27)$$

f_k – коэффициент сопротивления качению для асфальтобетонной дороги в отличном состоянии, $f_k = 0,010$;

D – динамический фактор автомобиля;

f_k – коэффициент сопротивления качению для асфальтобетонной дороги

в отличном состоянии, $f_k = 0,010$;

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

$\delta_{вр}$ – коэффициент учета вращающихся масс. (0,03-0,05)

$\delta_{вр} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_{кп})$ - коэффициент, учитывающий влияние вращающихся масс на инерционную составляющую автомобиля.

Для I передачи: $\delta_{вр} = 1 + (0,03 + 0,03 \cdot 3,5^2) = 1,017$

Для II передачи: $\delta_{вр} = 1 + (0,03 + 0,03 \cdot 2,5^2) = 1,015$

Для III передачи: $\delta_{вр} = 1 + (0,03 + 0,03 \cdot 1,8^2) = 1,012$

Для IV передачи: $\delta_{вр} = 1 + (0,03 + 0,03 \cdot 1,3^2) = 1,011$

Для V передачи: $\delta_{вр} = 1 + (0,03 + 0,03 \cdot 1^2) = 1,01$

Подставив значения D получим значения j_p для каждой из передач.

Данные сведены в таблицу.

Таблица 2.8 – Ускорение на каждой передаче

$V_{aI},$ м/с	$J_I,$ м/с ²	$V_{aII},$ м/с	$J_{II},$ м/с ²	$V_{aIII},$ м/с	$J_{III},$ м/с ²	$V_{aIV},$ м/с	$J_{IV},$ м/с ²	$V_{aV},$ м/с	$J_V,$ м/с ²
1,85	4,01	2,53	2,91	3,46	2,10	4,73	1,50	6,47	1,05
2,31	4,10	3,16	2,97	4,33	2,14	5,92	1,52	8,09	1,07
4,62	4,40	6,32	3,18	8,65	2,28	11,83	1,60	16,18	1,08
6,94	4,49	9,49	3,24	12,97	2,30	17,75	1,57	24,28	0,98
9,25	4,37	12,65	3,13	17,3	2,19	23,66	1,44	32,37	0,76
11,56	4,04	15,81	2,87	21,62	1,96	29,57	1,19	40,46	0,44
13,87	3,51	18,97	2,45	25,95	1,6	35,49	0,83	48,55	0

Обратные ускорения автомобиля

Используя данные таблицы 2.8, найдем значения $1/j_p$. Данные сведены в таблицу.

Таблица 2.9 – Обратные ускорения

$V_{aI},$ м/с	$1/J_I,$ с ² /м	$V_{aII},$ м/с	$1/J_{II},$ с ² /м	$V_{aIII},$ м/с	$1/J_{III},$ с ² /м	$V_{aIV},$ м/с	$1/J_{IV},$ с ² /м	$V_{aV},$ м/с	$1/J_V,$ с ² /м
1,85	0,25	2,53	0,34	3,46	0,48	4,73	0,67	6,47	0,95
2,31	0,24	3,16	0,34	4,33	0,47	5,92	0,66	8,09	0,93
4,62	0,23	6,32	0,31	8,65	0,44	11,83	0,63	16,18	0,93
6,94	0,22	9,49	0,31	12,97	0,43	17,75	0,64	24,28	1,02
9,25	0,23	12,65	0,32	17,3	0,46	23,66	0,69	32,37	1,32
11,56	0,25	15,81	0,35	21,62	0,51	29,57	0,84	40,46	2,27
13,87	0,28	18,97	0,41	25,95	0,63	35,49	1,2	48,55	-

Определение времени и пути разгона

Для более ясного представления о динамичности определяем время разгона и его путь.

По причине того, что при скоростях V_a , приближенных к максимальной, ускорение J стремится к 0, используем для расчета времени и пути разгона скорость $V_a = (0,8 \dots 0,9)V_{a \max}$.

Время разгона определяется графическим интегрированием по графику величин обратных ускорений согласно формуле

$$t_n = \sum_{k=1}^n \Delta t_k, \quad (2.28)$$

$$\Delta t_k = \int_{V_{k-1}}^{V_k} \frac{1}{J} \cdot dV = \left(\frac{1}{J_{cp}} \right)_k \cdot (V_k - V_{k-1}) \quad (2.29)$$

$$\left(\frac{1}{J_{cp}} \right)_k = \frac{\left(\frac{1}{J} \right)_{k-1} + \left(\frac{1}{J} \right)_k}{2}, \quad (2.30)$$

k – порядковый номер интервала, $k = 1 \dots n$; в данном случае $n = 10$.

$$\boxed{\Delta t = (1/j_{cp})_k \cdot (V_k - V_{k-1})} \quad (2.31)$$

Определим $\Delta t_1 = 0,51$ (сек) – разгон автомобиля с места до минимальной устойчивой скорости.

Далее, определим остальные промежутки времени разгона автомобиля в интервале $1,85 \dots 48,55$ м/с ($\approx 6,6 \dots 174,78$ км/ч)

$$\begin{aligned} \Delta t_2 &= 1,10 \text{ c} ; \Delta t_3 = 1,40 \text{ c} ; \Delta t_4 = 2,01 \text{ c} ; \Delta t_5 = 2,8 \text{ c} ; \\ \Delta t_6 &= 3,57 \text{ c} ; \Delta t_7 = 4,76 \text{ c} ; \Delta t_8 = 5,88 \text{ c} ; \Delta t_9 = 8,38 \text{ c} ; \Delta t_{10} \\ &= 35,58 \text{ c} ; \end{aligned}$$

Далее, определим времена разгона автомобиля от 0 до указанных скоростей

$$\begin{aligned} t_1 &= \Delta t_1 = 0,51(c) \\ t_2 &= \Delta t_1 + \Delta t_2 = 1,61(c) \\ t_3 &= \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 = 3,01(c) \\ t_4 &= \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4 = 5,02(c) \\ t_5 &= \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4 + \Delta t_5 = 7,82(c) \end{aligned}$$

$$t_6 = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4 + \Delta t_5 + \Delta t_6 = 11,39(c)$$

$$t_7 = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4 + \Delta t_5 + \Delta t_6 + \Delta t_7 = 16,16(c)$$

$$t_8 = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4 + \Delta t_5 + \Delta t_6 + \Delta t_7 + \Delta t_8 = 22,04(c)$$

$$t_9 = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4 + \Delta t_5 + \Delta t_6 + \Delta t_7 + \Delta t_8 + \Delta t_9 = 30,43(c)$$

$$t_{10} = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4 + \Delta t_5 + \Delta t_6 + \Delta t_7 + \Delta t_8 + \Delta t_9 + \Delta t_{10} = 35,58(c)$$

Результаты вычислений времени разгона сводим в таблицу.

Таблица 2.10 – Время разгона

$V_a, \text{ м/с}$	6,52	11,19	15,86	20,53	25,20	29,87	34,57	39,21	43,88	48,55
$t, \text{ сек}$	0,51	1,61	3,01	5,02	7,82	11,39	16,16	22,04	30,43	35,58

По результатам вычислений строится график времени разгона автомобиля.

Путь разгона определяется графическим интегрированием по графику времени разгона согласно формуле:

$$S_n = \sum_{k=1}^m \Delta S_k, \quad (2.32)$$

$$\Delta S_k = V_{cpk} \cdot (t_k - t_{k-1}) = V_{cpk} \cdot \Delta t_k, \quad (2.33)$$

k – порядковый номер интервала, $k = 1 \dots m$; в данном случае $m = n = 10$.

Определим $\Delta S_1 = 11,60(\text{м})$ – путь автомобиля с места до минимальной устойчивой скорости.

Далее, определим остальные промежутки пути разгона автомобиля в интервале 1,85...48,55 м/с ($\approx 6,6 \dots 174,78$ км/ч)

$$\Delta S_2 = 31,50(\text{м}); \quad \Delta S_3 = 48,12(\text{м}); \quad \Delta S_4 = 64,73(\text{м}); \quad \Delta S_5 = 81,35(\text{м}); \quad \Delta S_6 = 97,96(\text{м});$$

$$\Delta S_7 = 114,58(\text{м}); \quad \Delta S_8 = 131,19(\text{м}); \quad \Delta S_9 = 147,81(\text{м}); \quad \Delta S_{10} = 164,42(\text{м}).$$

Далее, определим путь разгона автомобиля от 0 до указанных скоростей

$$S_1 = \Delta S_1 = 11,60(M)$$

$$S_2 = \Delta S_1 + \Delta S_2 = 43,10(M)$$

$$t_3 = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 = 91,22(M)$$

$$t_4 = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \Delta S_4 = 155,96(M)$$

$$S_5 = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \Delta S_4 + \Delta S_5 = 237,30(M)$$

$$S_6 = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \Delta S_4 + \Delta S_5 + \Delta S_6 = 335,27(M)$$

$$S_7 = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \Delta S_4 + \Delta S_5 + \Delta S_6 + \Delta S_7 = 449,85(M)$$

$$S_8 = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \Delta S_4 + \Delta S_5 + \Delta S_6 + \Delta S_7 + \Delta S_8 = 581,04(M)$$

$$S_9 = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \Delta S_4 + \Delta S_5 + \Delta S_6 + \Delta S_7 + \Delta S_8 + \Delta S_9 = 728,85(M)$$

$$S_{10} = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \Delta S_4 + \Delta S_5 + \Delta S_6 + \Delta S_7 + \Delta S_8 + \Delta S_9 + \Delta S_{10}$$

$$= 893,27(M)$$

Результаты вычислений пути разгона сводим в таблицу.

Таблица 2.11 – Путь разгона

V_a сп, м/с	6,52	11,19	15,86	20,53	25,20	29,87	34,57	39,21	43,88	48,55
S , м	11,60	43,10	91,22	155,96	237,30	335,27	449,85	581,04	728,85	893,27

По результатам вычислений строится график пути разгона автомобиля.

Топливо-экономическая характеристика автомобиля

Эта характеристика представляет собой зависимость расхода топлива в л/100км от скорости автомобиля при различных дорожных условиях.

Расчет ведем для высшей передачи (V-ой).

Задаемся несколькими значениями V_a от $V_{a \min}$ до $V_{a \max}$ и для каждой из них находим значения N_f и N_e .

Определим степень использования мощности двигателя

$$I = \frac{N_f + N_e}{Nm} \quad (2.34)$$

Выберем минимальный эффективный расход топлива

$$g_{e \min} = 200 \text{ (г/(кВт} \cdot \text{ч))}.$$

Удельный эффективный расход топлива

$$g_e = 1,1 \cdot g_{e \min} \cdot K_H \cdot K_{ck}, \quad (2.35)$$

Определим путь расход топлива

$$Q_s = \frac{g_e \cdot (N_f + N_e)}{36 \cdot V_a \cdot \gamma_T \cdot \eta_{mp}}, \quad (2.36)$$

γ_T – плотность топлива, $\gamma_T = 780$ гр/л.

Полученные результаты сводим в таблицу.

Таблица 2.12 – Расход топлива

n_e , рад/с	V_a , м/с	I	K_H	K_{ck}	g_e , г/(кВт·ч)	q_n , л/100км
83,73	6,47	0,11	2,05	1,2	995,28	6,73
104,6	8,09	0,12	2,04	1,13	720,94	6,75
209,3	16,18	0,17	1,8	1,05	608,52	8,59
314	24,28	0,27	1,6	0,98	500,19	11,35
418,7	32,37	0,41	1,2	0,96	433,20	12,69
523,3	40,46	0,64	1	0,95	367,49	15,07
628	48,55	1	1	1	319,00	21,79

2.2 Компоновочная схема задней подвески

По своей сути, рассматриваемая задняя подвеска состоит двух рычагов трубчатого сечения, соединенных соединителем. Соединитель работает на кручение и жесткий на изгиб. В состав также входят кронштейны крепления рычагов и кронштейны крепления амортизаторов Соединитель имеет U-образный профиль и расположен между кронштейнами крепления рычагов и цапфами колес. Данное расположение обусловлено оптимизацией кинематики подвески. Между соединителем и рычагом с каждой стороны привариваются усилители. Он обеспечивает требуемую жесткость конструкции и ограничивает максимальные напряжения. Соединитель в соответствии с его крутильной жесткостью, работает как стабилизатор, т.е. нет необходимости в использовании дополнительного торсиона.

Амортизаторы являются несущими, конструкция двухтрубная с расположенной на корпусе чашкой пружины и винтовой цилиндрической пружиной. Конструкция пружина рассчитана таким образом, что исключает соприкосновение витков при любых ходах. Это предотвращает повреждение краски и уменьшает шум при работе. Для уменьшения передаваемых шумов на кузов и исключения повреждения ЛКП кузова, на верхний виток пружины устанавливается резиновая опора. Чехол и буфер сжатия объединены в один сборочный узел, что позволяет обеспечить защиту штока от загрязнения и механического воздействия при полных ходах. Данное решение обеспечивает требуемую долговечность амортизатора. Конструкция с соединителем расположенным вблизи к точкам крепления рычагов к кузову, обеспечивает хорошую компоновочную схему и позволяет использовать свободное пространство для ниши запасного колеса, системы выпуск и топливного бака.

2.3 Нагрузки на колёсах

Расчёт выполняется для режимов торможения, заноса и динамического нагружения. Расчет выполнен при максимальной массе транспортного средства.

Расчет для режима торможение

$$R_z = \frac{mg}{4} - \frac{m \times 1,1 \times 9,8 \times h_{цт}}{L} = \frac{742,5 \times 9,8}{4} - \frac{742,5 \times 1,1 \times 9,8 \times 0,6}{2,45} = -631,125 \text{ Н}$$

$$R_x = R_z \times 1,1 = -631,125 \times 1,1 = -694,23 \text{ Н} \quad (2.38)$$

$$P = R_x - m_{kb} \times g \quad (2.39)$$

$$P = -624,23 - 25 \times 9,81 = -869,48 \text{ Н} .$$

$$P_T = \varphi \times R_x \quad (2.40)$$

$$P_T = 1,1 \times -624,23 = -686,65 \text{ Н} .$$

$$M_b = P \times C_2 \quad (2.41)$$

$$M_b = -869,48 \times 0,024 = -20,86(\text{Н} \times \text{м})$$

$$M_T = P_T \times C_2 \quad (2.42)$$

$$M_T = -686,65 \times 0,024 = -16,47(\text{Н} \times \text{м})$$

$$M_\Sigma = \sqrt{M_b^2 + M_T^2} = \sqrt{(-20,86)^2 + (-16,47)^2} = 26,57 \text{ Н} \times \text{м} \quad (2.43)$$

$$M_{max} = M_\Sigma$$

Расчет для режима заноса

$$R_H = \max G_b \times \frac{1}{2} + \varphi' \times \frac{h_g}{B_b} \quad (2.44)$$

$$R_H = 7276,5 \times \frac{1}{2} + 1 \times \frac{0,4 \times 1,5}{1,41} = 6756,75(\text{Н})$$

$$R_{bH} = \max G_b \times \frac{1}{2} - \varphi' \times \frac{h_g}{B_b} \quad (2.45)$$

$$R_{bH} = 7276,5 \times \frac{1}{2} - 1 \times \frac{0,4 \times 1,5}{1,41} = 4180,11(\text{Н})$$

$$Z_H = R_H \times \varphi' \quad (2.46)$$

$$Z_H = 6756,75 \times 1 = 6756,75(\text{Н})$$

$$Z_{bH} = R_{bH} \times \varphi' \quad (2.47)$$

$$Z_{bH} = 4180,11 \times 1 = 4180,11(\text{Н})$$

$$R_H = R_H - m_{kb} \times g \quad (2.48)$$

$$R_H = 6756,75 - 25 \times 9,81 = 6511,5 \text{ Н}$$

$$R_{bH} = R_{bH} - m_{kb} \times g \quad (2.49)$$

$$R_{bH} = 4180,11 - 25 \times 9,81 = 3934,86 \text{ Н}$$

$$\begin{aligned} M_\Sigma &= \sqrt{(R_H \times C_2)^2 + (Z_H \times r_k)^2} = \\ &= \sqrt{(6511,5 \times 0,024)^2 + (6756,75 \times 0,276)^2} \\ &= 1871,39 \text{ Н} \times \text{м} \end{aligned} \quad (2.50)$$

Результаты расчета нагрузок на колеса приведены в таблице 2.15.

2.4 Расчёт задней подвески на плавность хода

Расчёт цилиндрической пружины с постоянным диаметром навиваемого прутка.

$$m_{\text{непод}} = m_3 + \frac{m_1 + m_2}{2} = 25 + \frac{6+6}{2} = 31 \text{ кг} \quad (2.51)$$

$$P = Q_3 - m_{\text{непод}} = 371,25 - 31 = 340,25 \text{ кг} \quad (2.52)$$

$$f_{\text{ст}} = \frac{300}{n}^2 = \frac{300}{77}^2 = 15,18(\text{см}) \quad (2.53)$$

Предварительный расчет:

$$C = \frac{P}{f_{\text{ст}}} = \frac{340,25}{15,18} = 22,41 \frac{\text{кг}}{\text{см}} \quad (2.54)$$

$$C_{\text{пр}} = \frac{G \times d^4}{8 \times D^3 \times i} \quad (2.55)$$

$$i = \frac{G \times d^4}{8 \times D^3 \times c} = \frac{780000 \times 1,1^4}{8 \times 8,5^3 \times 22,41} = 10,37 \quad (2.56)$$

Уточняющий расчет:

$$C_{\text{пр}} = \frac{G \times d^4}{8 \times D^3 \times i} = \frac{780000 \times 1,1^4}{8 \times 8,5^3 \times 10} = 23,24 \frac{\text{кг}}{\text{см}}$$

$$\frac{1}{c} = \frac{10}{23,24} = 0,43 \frac{\text{мм}}{\text{кг}} \quad (2.57)$$

$$f_{\text{ст}} = \frac{P}{c} = \frac{340,25}{23,24} = 14,638 \text{ см} = 146,38 \text{ мм} \quad (2.58)$$

$$n = \frac{300}{f_{\text{ст}}} = \frac{300}{14,638} = 78,41 \frac{\text{кол}}{\text{мин}} \quad (2.59)$$

$$i_n = i + \frac{2 \times 2}{3} = 10 + 1,33 = 11,33 \quad (2.60)$$

$$\begin{aligned} L_b &= i_n + 1 \times d + i_n + 1 \times 0,05 + i_n \times 0,2 + \frac{18}{360} \times d = \\ &= 11,33 + 1 \times 12 + 11,33 + 1 \times 0,05 + 11,33 \times 0,2 + \\ &\quad \frac{18}{360} \times 11 = 149,87 \text{ мм} = 14,987 \text{ см} \end{aligned} \quad (2.61)$$

$$\begin{aligned} L_2 &= L_b + i \times \Delta_{\text{меж. вит.}} = 149,87 + 11,33 \times 3,7 = \\ &= 191,8 \text{ мм} = 19,18 \text{ см} \end{aligned} \quad (2.62)$$

$$L_1 = L_2 + f_{\text{дин}} = 191,8 + 110 = 301,8 \text{ мм} = 30,18 \text{ см} \quad (2.63)$$

$$L_0 = L_1 + f_{\text{ст}} = 301,8 + 146,38 = 448,18 \text{ мм} = 44,818 \text{ см} \quad (2.64)$$

Определение нагрузок и напряжений в пружине

$$P_1 = C \times L_0 - L_1 = 23,24 \times 44,818 - 30,18 = 340,25 \quad (2.65)$$

$$P_2 = C \times L_0 - L_2 = 23,24 \times 44,818 - 19,18 = 595,94 \text{ кг} \quad (2.66)$$

$$P_b = C \times L_0 - L_b = 23,24 \times 44,818 - 14,987 = 693,41 \text{ кг} \quad (2.67)$$

$$\tau_i = \frac{k \times 8 \times D_{\text{ср}}}{\pi \times d^3} \times P_i = \frac{1,17 \times 8 \times 85}{3,1415 \times 11^3} = 0,1902 \quad (2.68)$$

$$\tau_1 = \tau_i \times P_1 = 0,1902 \times 340,25 = 64,67 \frac{\text{КГ}}{\text{ММ}^2} \quad (2.69)$$

$$\tau_2 = \tau_i \times P_2 = 0,1902 \times 595,94 = 113,27 \left(\frac{\text{КГ}}{\text{ММ}^2} \right) \quad (2.70)$$

$$\tau_3 = \tau_i \times P_b = 0,1902 \times 693,41 = 131,8 \left(\frac{\text{КГ}}{\text{ММ}^2} \right) \quad (2.71)$$

2.5 Расчёт стабилизатора задней подвески автомобиля

Масса стабилизатора.

$$Q = \frac{\pi \times d^2}{4} \times L \times q \quad (2.72)$$

$L = 115,5$ (см) = 1155(мм) – длина штанги.

$q = 7,85$ (гр/см³) – удельный вес материала штанги (12× 4)

Таблица 2.13 – Масса стабилизатора

d (мм)	Q (мм)
12	1,025
14	1,396
16	1,823

$G = 800000$ (кг см²) – модуль сдвига материала.

$$J_p = \frac{\pi \times d^4}{32} \text{ см}^4 \quad (2.73)$$

Жёсткость на кручение:

$$G \times J_p = \frac{\pi \times d^4}{32} \times G \text{ кг} \times \text{см}^2 \quad (2.74)$$

Масса соединителя и его жёсткость.

$S = 4,5$ (мм) – толщина полосы соединения.

$$S = 5 \text{ (мм)}$$

$h = 160$ (мм) – ширина серийной полосы.

$$\begin{aligned}
Q_{4,5} &= 5,980 \text{ (кг)} \\
Q_5 &= 6,644 \text{ (кг)} \\
J_p &= \frac{S^3 \times h}{3} \text{ см} \\
J_{p4,5} &= 0,486000 \\
J_{p5} &= 0,666667
\end{aligned}
\tag{2.75}$$

Жёсткость на кручение:

$$\begin{aligned}
G \times J_p &= \frac{S^3 \times h}{3} \times G \text{ кг} \times \text{см}^2 \\
G \times J_{p4,5} &= 388800 \\
G \times J_{p5} &= 533\,333,33
\end{aligned}
\tag{2.76}$$

Определение жесткости торсиона равнозначного по жесткости на кручение рычагам з/п действующего производства.

$$\begin{aligned}
C_{\text{ст соедин}} &= \frac{G \times S^3 \times h}{3 \times l} = \\
&= \frac{78400000000 \times 0,005^3 \times 0,16}{3 \times 1,115} = 329,89 \frac{\text{Н}}{\text{м}}
\end{aligned}
\tag{2.77}$$

$$\begin{aligned}
C_{\text{ст трыба}} &= \frac{G \times \pi \times (d_{\text{нар}}^4 - d_{\text{внутр}}^4)}{32 \times l} = \\
&= \frac{78400000000 \times 3,14 \times (0,023^4 - 0,02^4)}{32 \times 1,155} = 798,62 \frac{\text{Н}}{\text{м}}
\end{aligned}$$

2.6 Расчёт амортизатора

В соответствии с требованиями чертежа и имеющимся на предприятии стендом проверки амортизаторов на соответствие заявленным характеристикам и долговечности, а также с требованиями прописанными в ТУ 37.370.038-2004 на амортизаторы, следует выбрать две точки для контроля и расчёта характеристик амортизаторов. Первая – при скорости 0,105 м/с, вторая – при скорости 0,314 м/с. Эти скорости обусловлены угловой скоростью вращения кривошипа на проверочном стенде: соответственно 20 и 60 об/мин и соответствуют дроссельному и клапанному режиму работы амортизаторов.

Руководствуясь данной характеристикой рассчитаем средний коэффициент демпфирования стойки:

$$K_{ст} = \frac{F_{сж} + F_{отб}}{2 \times v} \quad (2.78)$$

$F_{сж}$ – усилие стойки на сжатие;

$F_{отб}$ – усилие стойки на отбой;

v – скорость с которой происходит движение штока.

Таким образом, получаем средний коэффициент демпфирования амортизатора для обоих режимов.

Дроссельный режим:

$$K_{DCT} = \frac{153 + 565}{2 \times 0,105} = 3419 \frac{\text{Н} \times \text{с}}{\text{м}}$$

$$F_{сж} = 153 \pm 35; F_{отб} = 565 \pm 94;$$

Клапанный режим:

$$K_{KCT} = \frac{247 + 799}{2 \times 0,314} = 1665 \frac{\text{Н} \times \text{с}}{\text{м}}$$

$$F_{сж} = 247 \pm 35; F_{отб} = 799 \pm 82;$$

В отношении колеса средний коэффициент демпфирования выбираем с учётом передающего отношения амортизатора:

$$K = \frac{K_{CT}}{i_{CT}^2} \quad (2.79)$$

i_{CT}^2 – передающее отношение амортизатора.

$i_{CT}^2 = 1$ – при одноимённых колебаниях подвески.

$i_{CT}^2 = 1,2$ – при разноимённых колебаниях подвески.

Тогда значения данного коэффициента будут равны:

Дроссельный режим:

$$K_D = \frac{3419}{1^2} = 3419 \frac{\text{Н} \times \text{с}}{\text{м}} ; K_{D1,2} = \frac{3419}{1,2^2} = 2374 \frac{\text{Н} \times \text{с}}{\text{м}}$$

Клапанный режим:

$$K_K = \frac{1665}{1^2} = 1665 \frac{\text{Н} \times \text{с}}{\text{м}} ; K_{K1,2} = \frac{1665}{1,2^2} = 1156 \frac{\text{Н} \times \text{с}}{\text{м}}$$

Считаем коэффициент относительного демпфирования поддрессоренной и неподдрессоренной массы автомобиля:

$$\psi_{\Pi} = \frac{K}{2 \times \frac{m_{\Pi} \times C_Z}{2}} \quad (2.80)$$

Поддрессоренная масса, приходящаяся на одно:

$$m_n = \frac{m_{nn}}{2} - m_H \quad (2.81)$$

Подставляя значения получаем:

$$m_n = \frac{742,5}{2} - 31 = 340,25(\text{кг})$$

$$m_{nn} = 742,5 \text{ кг} ; m_H = 31 \text{ кг} .$$

Вертикальная жёсткость задней подвески из вертикальной жесткости, полученной в результате действия пружины, и жесткости полученной в результате наличия резинометаллических шарниров в подвеске. Рассчитать её можно по формуле:

$$C_Z = \frac{C_{np}}{i_{CT}^2} + C_{ш} \quad (2.82)$$

C_{np} – жесткость пружины. Рассчитана в предыдущем расчете.

$$C_{np} = 22775,2 \text{ Н/м} = 22,775 \text{ кН/м}.$$

$C_{ш}$ – жесткость шарниров подвески, приведённая к колесу. Как правило располагается в пределах 1...3 кН/м.

$$C_{ш} = 2 \text{ кН/м}.$$

$$C_Z = \frac{22,775}{1^2} + 2 = 24,775 \frac{\text{к} \times \text{Н}}{\text{м}} ; C_Z = \frac{22,775}{1,2^2} + 2 = 17,81 \frac{\text{к} \times \text{Н}}{\text{м}}$$

Тогда коэффициент относительного демпфирования колебаний поддрессоренной массы будет равен:

Дроссельный режим:

$$\psi_{пD} = \frac{3419}{2 \times \sqrt{340,25 \times 24775}} = 0,58; \psi_{пD1,2} = \frac{2849}{2 \times \sqrt{340,25 \times 17810}} = 0,57$$

Клапанный режим:

$$\psi_{пK} = \frac{1665}{2 \times \sqrt{340,25 \times 24775}} = 0,29; \psi_{пK1,2} = \frac{1387}{2 \times \sqrt{340,25 \times 17810}} = 0,28$$

Как известно, оптимальным для обеспечения плавности хода является при коэффициенте относительного демпфирования колебаний поддрессоренной массы в диапазоне 0,25 ...0,3. По результатам расчётов видно, что для малых колебаний поддрессоренной массы демпфирование с точки зрения обеспечения плавности хода достаточно велико, однако будут эффективно гаситься продольные и поперечные угловые колебания, что благоприятно скажется на управляемости автомобиля. С ростом амплитуды колебаний и соответственно, скоростью хода штока, коэффициент относительного демпфирования колебаний становится оптимальным.

Но подобная картина справедлива только для режима одноимённого хода подвески. При разноимённом ходе задней зависимой подвески автомобиля в работу включается ещё и стабилизатор поперечной устойчивости. Рассмотрим случай разноимённого хода подвески, когда одно из колёс попадает в яму, а второе продолжает двигаться по ровной поверхности.

Вертикальная жесткость подвески:

$$C_Z = \frac{C_{np}}{i_{CT}^2} + C_{ш} + C_{CTZ}, \quad (2.83)$$

Вертикальная жесткость от стабилизатора на колесе:

$$C_{СТZ} = \frac{2 \times C_{СТ\phi}}{L_{рычага}^2}, \quad (2.84)$$

$$C_{СТ\phi} = C_{СТ(соед.)} + C_{СТ(труба)} = \frac{G \times S^3 \times h}{3 \times L} + \frac{G \times \pi \times (d_{нар}^4 - d_{вн}^4)}{32 \times L}$$

$C_{СТ\phi}$ – угловая жёсткость стабилизатора;

$L_{рычага}^2$ – длина рычага;

$C_{СТ(соед.)}$ – жёсткость соединителя;

$C_{СТ(труба)}$ – жёсткость трубы.

$$C_{СТ\phi} = 329,89 + 798,62 = 1128,51 \frac{\text{Н}}{\text{М}}$$

$$C_{СТZ} = \frac{2 \times 1128,51}{0,365} = 16941,41 \frac{\text{Н}}{\text{М}}$$

Данная величина справедлива для случая крена кузова, при движении одного из колёс в сторону сжатия, а другого в сторону отбоя подвески. Для случая, когда одно из колёс попадает в выбоину на дороге, а второе продолжает качение по ровному дорожному покрытию, полученную величину следует уменьшить в двое:

$$C_{СТZ} = \frac{C_{СТZ}}{2} = \frac{16941,41}{2} = 8470,705 \frac{\text{Н}}{\text{М}} \quad (2.85)$$

Подставляем полученное значение в формулу

$$C_Z = \frac{22775}{1^2} + 2 + 8470,705 = 31247,7 \frac{\text{Н}}{\text{М}}$$

$$C_{Z1,2} = \frac{22775}{1,2^2} + 2 + 8470,705 = 24288,67 \frac{\text{Н}}{\text{М}}$$

Тогда получаем значения относительно демпфирования колебаний поддрессоренных масс.

Дроссельный режим:

$$\psi_{пD} = \frac{3419}{2 \times \sqrt{340,25 \times 31247,7}} = 0,58;$$

$$\psi_{пD1,2} = \frac{2849}{2 \times \sqrt{340,25 \times 24288,67}} = 0,57$$

Клапанный режим:

$$\psi_{пK} = \frac{1665}{2 \times \sqrt{340,25 \times 31247,7}} = 0,29;$$

$$\psi_{пK1,2} = \frac{1387}{2 \times \sqrt{340,25 \times 24288,67}} = 0,28$$

Как видно из проведённого расчёта, при относительно небольших воздействиях на подвеску, автомобиль ведёт себя нормально. Даже в некотором отношении «жёстко». Несмотря на то, что это снижает показатели плавности хода, данное решение оправдано, в силу того, что автомобиль обладает неплохой управляемостью. Однако при разноимённом ходе подвески и увеличении амплитуды колебаний, жёсткости амортизатора явно недостаточно. Недостаточная жёсткость амортизатора негативно сказывается на демпфировании колебаний, что ведёт к ухудшению комфортности автомобиля [12].

Средний коэффициент демпфирования амортизатора:

$$\psi_{пK} = \frac{K}{2 \times \overline{m_n \times C_Z}} = 0,25 \quad (2.86)$$

Отсюда выводим:

$$K_K = \psi_{пK} \times 2 \times \overline{m_n \times C_Z} \quad (2.87)$$

И подставляя значения, получаем:

$$K_K = 0,25 \times 2 \times \sqrt{340,25 \times 31247,7} = 1630,33 \frac{\text{Н} \times \text{с}}{\text{м}}$$

$$K_{K1,2} = 0,25 \times 2 \times \sqrt{340,25 \times 24288,67} = 1437,37 \frac{\text{Н} \times \text{с}}{\text{м}}$$

Увеличиваем усилие на ходе сжатия:

$$K_{KCT} = \frac{F_{сж} + 799}{2 \times 0,314} = 1665 \frac{\text{Н} \times \text{с}}{\text{м}}$$

$$\begin{aligned} F_{сж} &= K_{KCT} \times 2 \times V - F_{отб} = \\ &= 1665 \times 2 \times 0,314 - 799 = 246,62 \text{ Н} \end{aligned}$$

Данный расчет показал: что жесткость амортизатора нас устраивает, автомобиль обладает неплохой управляемостью и комфортом и дальнейшее увеличение жесткости амортизатора просто бессмысленно.

3. Технологическая часть

3.1 Схема сборки

В современных условиях жесткой конкуренции, автомобильная отрасль вынуждена повышать эффективность и интенсивность производства. Это возможно только при условии автоматизации труда и применения специальных комплексов. Имеется тенденция к сокращению времени на каждую операцию и синхронизации всех сборочных процессов [8].

Перед разработкой процесса сборки, необходимо разбить узел на сборочные единицы.

Сборочные чертежи являются основным документом для разработки схемы сборки. В данных чертежах показано в какой последовательности происходит соединение составных элементов, их фиксация. Схема сборки графически отражает маршрут общей сборки и узловой сборки.

При сборке рычагов задней подвески используется метод полной взаимозаменяемости.

3.2 Трудоемкость сборки

Общее оперативное время на все виды работ

$$t_{on}^{общ} = \Sigma t_{on} = 1,188 \text{ мин} \quad (3.1)$$

Суммарная трудоемкость сборки изделия

$$t_{шт}^{общ} = t_{on}^{общ} + t_{on}^{общ} * \left(\frac{\alpha + \beta}{100}\right) = 3,48 + 4,44 * 0,075 = 1,188 \text{ мин/шт} \quad (3.2)$$

α – часть оперативного времени на организационно – техническое обслуживание рабочего места в процентах

$$\alpha = 2 - 3\%, \text{ принимаем } \alpha = 2,5\%$$

β – часть оперативного времени для перерыва и отдыха в процентах

$$\beta = 4 - 6\% , \text{ принимаем } \beta = 5\%$$

3.3 Технологическое нормирование

Номинальный такт выпуска:

$$T_{\text{в}} = \frac{F_{\text{д}} * 60}{N} = \frac{4097 * 60}{120000} = 2.05 \text{ мин/шт} \quad (3.3)$$

$$F_{\text{д}} = D_p \times c \times T_{\text{см}} \times \eta_p = 264 \times 2 \times 0,97 = 4097(\text{ч}) \quad (3.4)$$

3.4 Выбор организационной формы сборки

Выбираем подвижную поточную сборку. Данный выбор обусловлен большим объемом выпуска, длительностью выпуска, типом производства, массой и размером собираемого изделия.

3.5 Планировка производства сборки.

При массовом и крупносерийном производстве необходимо применять поточное сборочное оборудование (полуавтоматические линии, автоматические линии, сварочные автоматы). Использование данных решений позволяет многократно повысить производительность [10].

Сборку рычагов задней подвески на АВТОВАЗе проводят на автоматической линии.

4. Безопасность и экологичность проекта

4.1 Анализ изменения жесткости подвески на транспортное средство

В последние годы основные тренды в развитии автомобилестроения – это повышение безопасности, комфорта и улучшение управляемости транспортных средств. Все это влечет за собой ужесточение требований к элементам подвески транспортного средства, как частям, непосредственно влияющим на эти показатели.

Основное направление которому недостаточно уделяют внимание отечественные автомобилестроительные заводы – это вибродемпфирующие характеристики подвески с динамическими гасителями колебаний колес.

4.2 Нормативные требования к управляемости и устойчивости транспортных средств.

Проводя анализ выполняемой модернизации, можно сделать вывод о том, что новая подвеска улучшит управляемость и устойчивость автомобиля, повысит безопасность. Этот вывод сделан на основании того, что повышение жесткости задней подвески противодействует опрокидыванию транспортного средства. Таким образом делаем вывод о соответствии ОСТ 37.001.487. По результатам испытаний модернизируемая подвеска будет соответствовать ОСТ 37.001.471.

Плавность хода транспортного средства оцениваем объективным методом по ОСТ 37.001.275-84. Согласно данного метода выполняется замер виброускорений воздействующих на водителя. Виброускорения записываются в горизонтальном и вертикальном направлениях. Замер выполняется на дорогах, соответствующих государственным нормативным требованиям при максимальной скорости движения транспортного средства.

Измерения проводятся с помощью специального измерительного комплекса состоящего из комплекта датчиков, электрического преобразователя и аппаратуры регистрирующей показания с датчиков.

Испытания проводятся на автополигоне НАМИ на стандартных типах дорожных покрытий.

Возможно выполнение замеров на дорогах общего пользования соответствующих по своим характеристикам дорогам автополигона НАМИ. Испытания выполняются при плюсовой температуре окружающего воздуха и в отсутствии осадков [17].

4.3 Рабочее место, оборудование, операции.

Участок для сборки модернизируемого узла находится в корпусе. Площадь корпуса 600 м². Рычаги задней подвески свариваются в роботизированном комплексе. Для сборки используют электрические и пневматические гайковерты. Схема участка представлена на рисунке 4.1. Длина участка 30 метров, ширина участка 20метров.

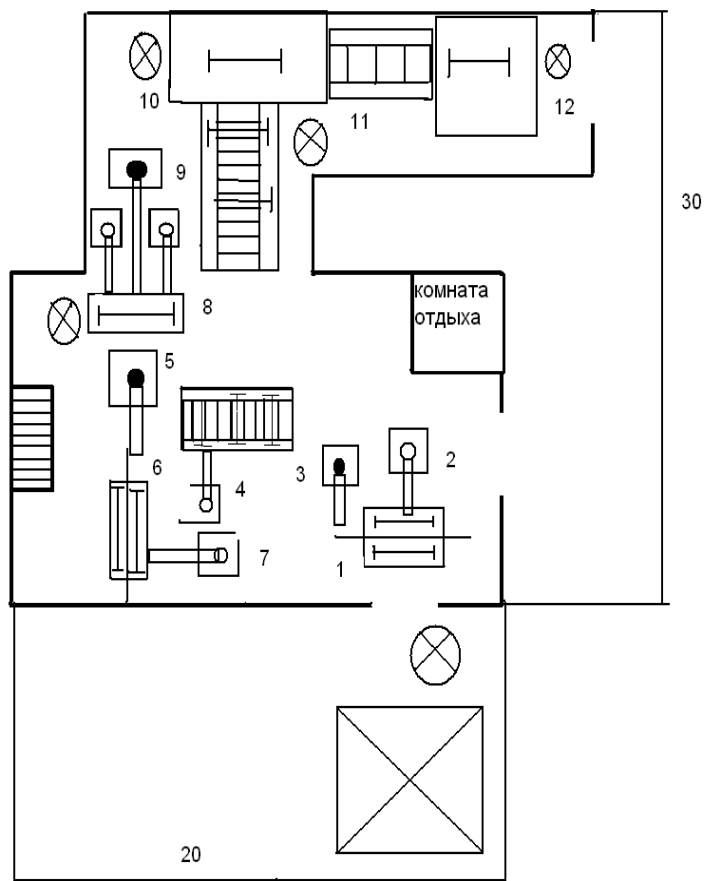


Рисунок 4.1 - Схема участка

- ⊠ - стеллаж готовых изделий
- ⊗ - рабочее место
- ▤ - тех. документация

4.4 Мероприятия по созданию безопасных условий труда.

4.4.1 Защита от шума

Шум, возникающий во время рабочего процесса негативно сказывается на психологическом, физическом и эмоциональном здоровье людей. Поэтому необходимо обеспечить должную защиту рабочих от шума. Для этого используют коллективные и индивидуальные средства защиты. На данном участке необходимо использовать средства индивидуальной защиты в виде противозумных вкладышей и наушников. Коллективные средства защиты, применяемые на участке – это звукопоглощающие и звукоизолирующие перегородки. Такие перегородки установлены вокруг наиболее явных источников шума и позволяют свести к минимуму их негативное воздействие на человека [13].

На подвижные части линии, создающие шум при соприкосновении друг с другом, нанесено специальное демпфирующее покрытие, снижающее этот уровень.

4.4.2 Утомляемость

Защита от утомляемости обеспечивается правильной организацией труда. В нее входит организация перерывов, мест отдыха и снижение других производственных факторов, вызывающих утомляемость.

4.4.3 Защита от отлетающих предметов

При любой производственной деятельности есть вероятность появления осколков деталей и инструмента, сборка рычагов задней подвески не исключение.

Для предотвращения травмирования используются средства индивидуальной защиты в виде перчаток, касок, очков, масок и спецодежды.

4.5 Пожарная безопасность

Пожар – это один из самых серьезных источников опасности который встречается на производстве. Причины возгорания различны, но все они предсказуемы и поддаются средствам профилактики.

Чаще всего причиной пожара становятся курение в неподобающем месте, короткое замыкание, нарушение при сварочных работах.

При возникновении пожара необходимо оценить ситуацию, вызвать пожарный расчет, попытаться локализовать очаг подручными средствами. При невозможности самостоятельно справиться с огнем необходимо обеспечить эвакуацию рабочего персонала и обеспечить доступ в корпус пожарной службе. Необходимо учитывать, что большое количество летальных случаев при пожаре возникает не от воздействия открытого пламени, а от продуктов горения [15].

Производственное помещение должно быть обеспечено огнетушителями в достаточном количестве. Располагаться они должны в легкодоступных и видимых местах. Располагаются огнетушители на высоте не более 1,5 метров в специальных шкафах или кронштейнах. Должны быть установлены информационные таблички о наличии огнетушителя.

В помещении, на видном месте должен иметься план эвакуации с изображением путей эвакуации и мест нахождения противопожарных средств.

Производственный корпус должен быть оборудован датчиками задымления, датчиками температуры, системой автоматического пожаротушения, а также пожарными гидрантами. Все краны и пожарные рукава должны быть в работоспособном состоянии и регулярно проверяться.

Для обеспечения пожарной безопасности необходимо использовать для отделки помещения негорючие материалы, запрещен захламлять помещение, эвакуационные пути должны быть свободны, выходы для эвакуации не должны быть заперты.

4.6 Электробезопасность

Под электробезопасностью понимают мероприятия по недопущению воздействия на человека электрического тока и электромагнитного поля.

Для обеспечения электробезопасности необходимо сделать недоступными для человека токоведущие части оборудования, разделить

электрические сети на отдельные участки, выполнить заземление всех работающих приборов и оборудования.

Сложность защиты от воздействия электричества состоит в невозможности его идентификации органами чувств и обоняния.

К работе на оборудовании допускаются только обученные люди по соответствующей группе электробезопасности. При работе с оборудованием нельзя проводить его ремонт без обесточивания, использовать неисправный инструмент. При обнаружении поврежденной изоляции, наличии короткого замыкания или задымления нельзя эксплуатировать электрооборудование.

4.6.1 Статическое электричество

Защита от статического электричества обеспечивается сопротивлением не выше 4 Ом. На отдельные элементы оборудования необходимо наносить электропроводящее покрытие в виде электропроводящих эмалей. Возможно использование токопроводящего пола [15].

4.7 Инженерные расчеты

Результаты расчетов представлены в таблице 4.1

Таблица 4.1 – Результаты инженерных расчетов

Параметр	Значение
Допустимое сопротивление заземляющего устройства	$R \leq 4 \text{ Ом}$
Расчетное сопротивление грунта ρ , в котором предполагается разместить здание	$\rho = 60 \text{ Ом}\cdot\text{м}$
Конфигурация заземлителя, тип и размеры заземлителя	$L = 1,5 \text{ м}; \quad t = 1 \text{ м}; \quad d = 50 \text{ мм.}$
Сопротивление растеканию тока с одного заземлителя	28,56 Ом

Продолжение таблицы 4.1

Необходимое количество параллельно соединенных проводников	7 шт.
Длина соединительного электрода	6,3 м
Сопротивление растеканию тока в горизонтальном заземли-теле	6,68 Ом
Сопротивление растеканию тока искусственных заземлителей	3,37 Ом

4.7.1 Производственное искусственное освещение

Правильно организованное освещение является залогом продуктивного и эффективного труда, низкого травматизма, снижения вероятности профессиональных заболеваний, снижения утомляемости.

Освещение бывает искусственным и естественным. Естественное освещение обеспечивается наличием оконных проемов и других частей здания пропускающих естественный свет. Искусственное освещение подразумевает использование разнообразных осветительных приборов местного и общего назначения.

Результаты расчета искусственного освещения представлены в таблице 4.2

Таблица 4.2 – Расчет искусственного освещения

Параметр	Значение
Тип источника света	Газоразрядные люминесцентные лампы ЛД80-4 мощностью 80 Вт каждая
Система освещения	Общее

Продолжение таблицы 4.2

Тип светильника	ВЛО
Нормируемая освещенность на рабочем месте	$E = 300$ лк
Индекс помещения, i	2,4
Коэффициент использования светового потока, η	0,45
Количество ламп	180 шт.
Количество светильников	90 шт.
Расположение светильников	6 рядов по 15 светильников в каждом

4.7.2 Вентиляция производственного помещения

Система вентиляции должна обеспечивать благоприятный микроклимат, минимальные выбросы вредных веществ. Главной задачей вентиляции является необходимый воздухообмен. В местах с наибольшей концентрацией вредных веществ и пыли используется местная вентиляция.

Результаты расчета системы вентиляции представлены в таблице 4.3

Из результатов расчета видно, что действительный воздухообмен превышает требуемый. Делаем вывод о соответствии системы вентиляции требованиям охраны труда.

Таблица 4.3 – Расчет системы вентиляции

Параметр	Значение
Внутренний объем производственного помещения	4200 м ³
Требуемый воздухообмен	2222,2 м ³ /ч
Количество точек вентиляции	3

Продолжение таблицы 4.3

Скорость всасывания воздуха	2 м/с
Диаметр трубы вентиляции	0,6 м
Суммарная площадь воздухозаборника	0,847 м ³
Действительный воздухообмен	6098,4 м ³ /ч

4.8 Экологичность объекта

Главной задачей в данном разделе является провести комплексную оценку возможного влияния проекта на экологию. Что подразумевает минимальное использование природных ресурсов и минимальные вредные выбросы в окружающую среду.

«Смазочно-охлаждающую жидкость собирают в специальную тару и передают для последующей переработки и утилизации. Не допускается сток не переработанных технических жидкостей в канализацию. Жидкости, прошедшие очистку и соответствующие по ПКД нормам сливаются в канализацию.»[16]

4.9 Действия при чрезвычайных ситуациях

Действия при аварийных ситуациях схожи с действиями при пожаре. При возникновении такой ситуации необходимо оповестить персонал, локализовать очаг, организовать эвакуацию и спасение людей, выполнить аварийно-спасательные работы.

Для обеспечения слаженных действий при аварийной ситуации необходимо проведение регулярных тренировок по эвакуации, спасению людей, аварийным работам. Должен быть сформирован штаб по действию в аварийных ситуациях.

4.10 Вывод

На основании вышеизложенных данных делаем вывод о соответствии условий труда требованиям, пожарной и экологической безопасности проекта, требуемой освещенности и вентиляции на объекте.

5 Экономическая часть

Введение

Цель дипломного проектирования: обеспечение оптимальной плавности хода, уменьшение крена, благоприятной управляемости и жёсткости подвески, за счёт изменения характеристик упругого и демпфирующего элемента.

Цель экономической части дипломного проекта состоит в подтверждении экономической эффективности разработанного проекта.

5.1 Исходные данные для расчета себестоимости проектируемого изделия представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Исходные данные

Наименование показателей	Обозначение	Примечание
1	2	3
Годовая программа выпуска изделия.	Vгод. (шт)	120000
Транспортно-заготовительные расходы.	Ктзр.	1,45% от М
Возвратные отходы.	Квот.	1% от М
Расходы на инструмент и оснастку.	Синстр	3% от Зпл. осн.
Коммерческие расходы.	Ском	5% от Соб.завод.с/с
Социальные взносы.	Ссоц.	34% от Зпл. осн.
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования.	Еобр.	194% от Зпл. осн.
Общепроизводственные (цеховые) расходы.	Рцех.	183% от Зпл. осн.

Продолжение таблицы 5.1

Общепроизводственные (заводские) расходы.	Соб. завод	215% от Зпл. осн.	
Коэффициент рентабельности.	Крент.	30%	
Коэффициент доплат или выплат не связанных с работой на производстве.	Кд	1,08	
Налог на прибыль.	Нпр	20%	
Часовая тарифная ставка 3-го разряда	Ср3	Руб.	66,71
Часовая тарифная ставка 4-го разряда	Ср4	Руб	72,24
Часовая тарифная ставка 5-го разряда	Ср5	Руб	79,89
Дисконтирование			10%

5.2 Себестоимость

$$M = C_m \times Q_m \left(1 + \frac{K_{\text{ТЗР}}}{100} - \frac{K_{\text{ВОТ}}}{100}\right) \quad (5.1)$$

Расчет затрат на сырье и материалы на добавленные материалы приведен в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Затраты на сырье и материалы

Наименование материалов	Норма расхода	Средняя цена за ед. изм.,руб.	Сумма, руб.
сталь10	0,46	132	60,7
сталь12ХН	0,203	209,6	42,55
сталь 20	0,186	163,5	30,41

Продолжение таблицы 5.2

Стандартные	0,151	2195,6	331,5
ИТОГО:			465,22
Транспортно-заготовительные расходы		2,45%	10,4
Возвратные отходы		1,50%	6,98
ИТОГО:			17,38
Всего			469,63

$$P_i = C_i \times n_i \times \left(1 + \frac{K_{\text{тзр}}}{100}\right) \quad (5.2)$$

Затрат на покупные изделия (проект) представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Покупные изделия

Наименование полуфабрикатов	Количество	Средняя цена за 1 шт, руб.	Сумма, руб.
Пружина	2	200	400
Амортизатор	2	450	900
Буфер сжатия	2	50	100
Опора буфера	2	25	50
Рычаги задней подвески в сборе	1	2159	2159
ИТОГО:			3609
Транспортно-заготовительные расходы		2,45%	88,42
Всего:			3697,42

$$Z_o = Z_T \times \left(1 + \frac{K_{\text{прем}}}{100}\right) \quad (5.3)$$

$$Z_T = C_{pi} \times T_i, \text{ руб} \quad (5.4)$$

Таблица 5.4 – Основная заработная плата

Виды операций	Разряд работы	Трудоемкость	Часовая тарифная ставка, руб.	Тарифная зарплата, руб.
Сварные	4	0,0165	47,73	0,79
Сварные	5	0,0155	51,53	0,8
Сварные	5	0,0155	51,53	0,8
Слесарные	4	0,0145	47,73	0,69
ИТОГО:				3,08
Премииальные доплаты	1,2			3,69
Основная з/п				6,77

$$Z_{\text{доп.}} = Z_O \cdot K_{\text{вып}} = 6,77 \cdot 1,08 = 7,31 \quad (5.5)$$

$$C_{\text{соц.н}} = (Z_O + Z_{\text{доп.}}) \cdot C_{\text{соц.н}} = (6,77 + 7,31) \cdot 0,34 = 4,79 \quad (5.6)$$

$$C_{\text{сод.обор}} = Z_O \cdot C_{\text{обор}} = 6,77 \cdot 194 / 100 = 13,13 \quad (5.7)$$

Цеховые расходы:

Расходы на инструмент и оснастку

Расчет цеховой себестоимости выполняется по формуле:

$$C_{\text{цех}} = Z_O \cdot C_{\text{цех}} = 6,77 \cdot 1,83 = 12,39 \quad (5.8)$$

$$\begin{aligned} C_{\text{цехс/с}} &= M + \Pi_{\text{и}} + Z_O + Z_{\text{доп.}} + C_{\text{соц.н}} + C_{\text{сод.обор}} + C_{\text{цех}} + C_{\text{инстр}} = \\ &= 469,63 + 3697,42 + 6,77 + 7,31 + 4,79 + 13,13 + 12,39 + 0,20 = 4211,65 \end{aligned} \quad (5.9)$$

$$C_{\text{об.завод}} = Z_O \cdot C_{\text{об.завод}} = 6,77 \cdot 1,45 = 9,82 \quad (5.10)$$

$$C_{\text{ОБ.ЗАВОДС/С.п}} = C_{\text{ОБ.ЗАВОД}} + C_{\text{ЦЕХС/С}} = 9,82 + 4221,46 = 4221,46 \quad (5.11)$$

$$C_{\text{КОМ.П}} = C_{\text{ОБ.ЗАВОД С/С}} \times C_{\text{КОМ}} = 4221,46 \times 0,05 = 211,07 \quad (5.12)$$

$$C_{\text{ПОЛ.}} = C_{\text{ОБ.ЗАВОД С/С}} + C_{\text{КОМ.П}} = 4221,46 + 211,07 = 4432,54 \quad (5.13)$$

Расчет отпускной цены для базового и проектируемого изделия:

$$Ц_{\text{ОТП.П.}} = C_{\text{ПОЛ.}} \times \left(1 + \frac{K_{\text{РЕН}}}{100}\right) \quad (5.14)$$

$$Ц_{\text{ОТП.П.}} = 4432,54 \times \left(1 + \frac{30}{100}\right) = 5762,30$$

Затраты на производство проектируемого механизма сведены в таблицу 5.5.

Таблица. 5.5 – Затраты на производство

Наименование показателя	Обозначение	Затраты на единицу изделия (база), руб	Затраты на единицу изделия (проект), руб
1	2	3	4
Стоимость основных материалов	M	386,52	469,63
Стоимость комплектующих изделий	$П_u$	3514,04	3697,42
Основная заработная плата производственных рабочих	$З_о.$	6,77	6,77
Дополнительная заработная плата производственных рабочих	$З_{доп.}$	7,31	7,31

Продолжение таблицы 5.5

Отчисления на социальные нужды	Ссоц.н	4,79	4,79
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	Ссод.обор	13,13	13,13
Цеховые расходы	Сцех	12,39	12,39
Расходы на инструмент и оснастку	Синстр	0,2	0,2
Цеховая себестоимость	Сцех с/с	3945,15	4211,65
Общезаводские расходы	Соб.завод	9,82	9,82
Общезаводская себестоимость	Собз. с/с	3954,96	4221,46
Коммерческие расходы	Ском	197,75	211,07
Полная себестоимость	Спол	4152,71	4432,54
Отпускная цена	Цотп	5398,53	5762,3

5.3 Точка безубыточности

$$Ц_{отп} \times V_{год} = Z_{пост} + Z_{пер\ уд} \times V_{год} \quad (5.15)$$

Переменные затраты:

$$Z_{ПЕРЕМ.УД.б.} = M + Пu + Z_o + Z_{доп.} + C_{соц.н} = 469,63 + 3697,42 + 6,77 + 7,31 + 4,79 = 4185,92 \quad (5.16)$$

$$Z_{ПЕРЕМ.н.} = Z_{ПЕРЕМ.УД} \cdot V_{ГОД} = 4185,92 \cdot 120000 = 502310400 \quad (5.17)$$

Постоянные затраты:

$$Z_{пост.уд} = (C_{СОД.ОБОР} + C_{ИНСТР}) \cdot (100 - H_A) / 100 + C_{ЦЕХ} + C_{ОБ.ЗАВОД} + C_{КОМ} + A_{М.УД} = (13,13 + 0,2) \cdot (100 - 13) / 100 + 12,39 + 9,82 + 211,07 + 1,73 \quad (5.18)$$

$$A_{М.УД} = (C_{СОД.ОБОР} + C_{ИНСТР}) \cdot H_A / 100 = (13,13 + 0,20) \cdot 0,13 = 1,73 \quad (5.19)$$

$$Z_{\text{пост.н}} = Z_{\text{пост.уд}} \cdot V_{\text{год}} = 246,61 \cdot 120000 = 29593200 \quad (5.20)$$

$$C_{\text{пол.г.н.}} = C_{\text{пол.н.}} \cdot V_{\text{год}} = 4432,54 \cdot 120000 = 531904800 \quad (5.21)$$

$$\text{Выручка.н.} = C_{\text{отп.н.}} \cdot V_{\text{год}} = 5762,3 \cdot 120000 = 691476000 \quad (5.22)$$

$$D_{\text{марж}} = \text{Выручка} - Z_{\text{перем.н.}} = 691476000 - 502310400 = 189165600 \quad (5.23)$$

$$A_{\text{крит}} = Z_{\text{пост.н}} (C_{\text{отп.н}} - Z_{\text{перем.уд}}) \quad (5.24)$$

$$A_{\text{крит}} = 29593200 (5762,30 - 4185,92) = 18773$$

Определение точки безубыточности графическим методом.

Графический метод определения критической точки объема производства проектируемого изделия представлен на рис. 5.1

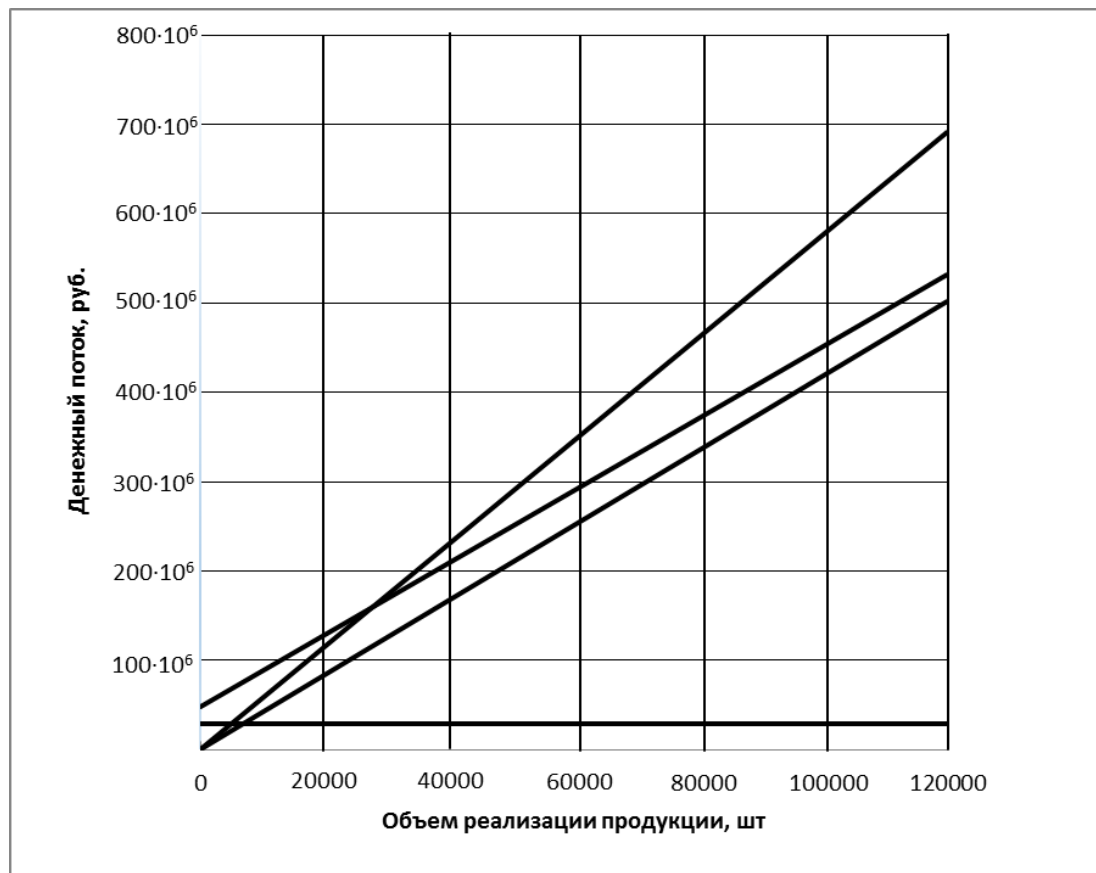


Рисунок 5.1- Точка безубыточности

5.4 Коммерческая эффективность проекта

$$\Delta = \frac{V_{МАК} - A_{КРИТ}}{n - 1} = \frac{120000 - 18773}{(6 - 1)} = 20245 \quad (5.25)$$

$$Выручка_i = Ц_{ОТП.} \cdot V_{ПРОД_i} \quad (5.26)$$

$$V_{прод1} = 18773 + 1 * 20245 = 39018$$

$$V_{прод2} = 18773 + 2 * 20245 = 59264$$

$$V_{прод3} = 18773 + 3 * 20245 = 79509$$

$$V_{прод4} = 18773 + 4 * 20245 = 99755$$

$$V_{прод5} = 18773 + 5 * 20245 = 120000$$

Проект

$$Вырычка1 = 5762,30 * 39018 = 224835194,85$$

$$Вырычка2 = 5762,30 * 59264 = 341495396,14$$

$$Вырычка3 = 5762,30 * 79509 = 458155597,43$$

$$Вырычка4 = 5762,30 * 99755 = 574815798,71$$

$$Вырычка5 = 5762,30 * 120000 = 691476000$$

База

$$Вырычка1 = 5398,53 * 39018 = 210641505$$

$$Вырычка2 = 5398,53 * 59264 = 319937028,8$$

$$Вырычка3 = 5398,53 * 79509 = 429232552,5$$

$$Вырычка4 = 5398,53 * 99755 = 538528076,3$$

$$Вырычка5 = 5398,53 * 120000 = 647823600$$

$$З_{ПЕРЕМ_i} = З_{ПЕРЕМ.УД} \cdot V_{ПРОД_i} \quad (5.27)$$

Проект

$$Зперем1 = 4185,92 * 39018 = 163327514,85$$

$$Z_{\text{перем}2} = 4185,92 * 59264 = 248073236,14$$

$$Z_{\text{перем}3} = 4185,92 * 79509 = 332818957,43$$

$$Z_{\text{перем}4} = 4185,92 * 99755 = 417564678,71$$

$$Z_{\text{перем}5} = 4185,92 * 120000 = 502310400,00$$

База

$$Z_{\text{перем}1} = 3919,43 * 39018 = 152929526$$

$$Z_{\text{перем}2} = 3919,43 * 59264 = 232280045$$

$$Z_{\text{перем}3} = 3919,43 * 79509 = 311630563$$

$$Z_{\text{перем}4} = 3919,43 * 99755 = 390981082$$

$$Z_{\text{перем}5} = 3919,43 * 120000 = 470331600$$

$$Z_{\text{пост.б(н)}} = Z_{\text{пост.уд.б(н)}} \cdot V_{\text{год}} \quad (5.28)$$

Проект

$$Z_{\text{пост}1} = 246,61 * 120000 = 29593200$$

$$Z_{\text{пост}2} = 246,61 * 120000 = 29593200$$

$$Z_{\text{пост}3} = 246,61 * 120000 = 29593200$$

$$Z_{\text{пост}4} = 246,61 * 120000 = 29593200$$

$$Z_{\text{пост}5} = 246,61 * 120000 = 29593200$$

База

$$Z_{\text{пост}1} = 233,29 * 120000 = 27994800$$

$$Z_{\text{пост}2} = 233,29 * 120000 = 27994800$$

$$Z_{\text{пост}3} = 233,29 * 120000 = 27994800$$

$$Z_{\text{пост}4} = 233,29 * 120000 = 27994800$$

$$Z_{\text{пост}5} = 233,29 * 120000 = 27994800$$

$$A_M = A_{\text{м.уд.}} \cdot V_{\text{год.}} = 1,73 \cdot 120000 = 207948 \quad (5.29)$$

$$C_{\text{ПОЛ.}i} = Z_{\text{ПЕРЕМ.}i} + Z_{\text{ПОСТ}} \quad (5.30)$$

Проект

$$\text{Спол1} = 163327514,85 + 29593200 = 192920714,85$$

$$\text{Спол2} = 248073236,14 + 29593200 = 277666436,14$$

$$\text{Спол3} = 332818957,43 + 29593200 = 362412157,43$$

$$\text{Спол4} = 417564678,71 + 29593200 = 447157878,71$$

$$\text{Спол5} = 502310400,00 + 29593200 = 531903600,00$$

База

$$\text{Спол1} = 152929526 + 27998400 = 180924326$$

$$\text{Спол2} = 232280045 + 27998400 = 260274845$$

$$\text{Спол3} = 311630563 + 27998400 = 339625363$$

$$\text{Спол4} = 390981082 + 27998400 = 418975882$$

$$\text{Спол5} = 470331600 + 27998400 = 498326400$$

$$\text{Пр.обл.}i.b. = (\text{Выручка } i.b. - \text{Спол.}i.b.) \quad (5.31)$$

Проект

$$\text{Пр1} = 224835194,85 - 192920714,85 = 31914480,00$$

$$\text{Пр2} = 341495396,14 - 277666436,14 = 63828960,00$$

$$\text{Пр3} = 458155597,43 - 362412157,43 = 95743440,00$$

$$\text{Пр4} = 574815798,71 - 447157878,71 = 127657920,00$$

$$\text{Пр5} = 691476000,00 - 531903600,00 = 159572400,00$$

База

$$\text{Пр1} = 210641505 - 180924326 = 29717179,02$$

$$\text{Пр2} = 319937028,8 - 260274845 = 59662184,27$$

$$\text{Пр3} = 429232552,5 - 339625363 = 89607189,51$$

$$\text{Пр4} = 538528076,3 - 418975882 = 119552194,76$$

$$\text{Пр5} = 647823600,00 - 498326400 = 149497200,00$$

$$H_{пр.і.б.} = Пр.облі.б. \times 0,20 \quad (5.32)$$

Проект

$$\begin{aligned} H. пр1 &= 31914480,00 * 0,2 = 6382896 \\ H. пр2 &= 63828960,00 * 0,2 = 15318950,4 \\ H. пр3 &= 95743440,00 * 0,2 = 19148688 \\ H. пр4 &= 127657920,00 * 0,2 = 25531584 \\ H. пр5 &= 159572400,00 * 0,2 = 31914480 \end{aligned}$$

База

$$\begin{aligned} H. пр1 &= 29717179,02 * 0,2 = 5943435,80 \\ H. пр2 &= 59662184,27 * 0,2 = 11932436,85 \\ H. пр3 &= 89607189,51 * 0,2 = 17921437,90 \\ H. пр4 &= 119552194,76 * 0,2 = 23910438,95 \\ H. пр5 &= 149497200,00 * 0,2 = 29899440,00 \end{aligned}$$

$$Пр.ч.і.б. = Пр.облі.б. - H_{пр.і.б.} \quad (5.33)$$

Проект

$$\begin{aligned} ПР. ч1 &= 31914480,00 - 6382896,00 = 25531584,00 \\ ПР. ч2 &= 63828960,00 - 15318950,4 = 48510009,60 \\ ПР. ч3 &= 95743440,00 - 19148688 = 76594752,00 \\ ПР. ч4 &= 127657920,00 - 25531584 = 102126336,00 \\ ПР. ч5 &= 159572400,00 - 31914480 = 127657920,00 \end{aligned}$$

База

$$\begin{aligned} ПР. ч1 &= 29717179,02 - 5943435,80 = 23773743,22 \\ ПР. ч2 &= 59662184,27 - 11932436,85 = 47729747,41 \\ ПР. ч3 &= 89607189,51 - 17921437,90 = 71685751,61 \\ ПР. ч4 &= 119552194,76 - 23910438,95 = 95641755,80 \\ ПР. ч5 &= 149497200,00 - 2989940,00 = 119597760,00 \end{aligned}$$

5.5 Общественный эффект, получаемый в результате уменьшения вероятности попадания автомобиля в ДТП.

$$Li = L_{cp} \cdot Vi \quad (5.34)$$

$$L1 = 20000 \cdot 19018 = 780366155,4$$

$$L2 = 20000 \cdot 59264 = 1185274617$$

$$L3 = 20000 \cdot 79509 = 1590183078$$

$$L4 = 20000 \cdot 99755 = 1995091539$$

$$L5 = 20000 \cdot 120000 = 2400000000$$

$$\text{Чр} = Li/\text{ДТПр, чел} \quad (5.35)$$

$$\text{Чр1} = 780366155,4/380000 = 2054$$

$$\text{Чр2} = 1185274617/380000 = 3119$$

$$\text{Чр3} = 1590183078/380000 = 4185$$

$$\text{Чр4} = 1995091539/380000 = 5250$$

$$\text{Чр5} = 2400000000/380000 = 6316$$

$$\text{Чс.}i = Li/\text{ДТПс, чел} \quad (5.36)$$

$$\text{Чс1} = 780366155,4/1400000 = 557$$

$$\text{Чс2} = 1185274617/1400000 = 847$$

$$\text{Чс3} = 1590183078/1400000 = 1136$$

$$\text{Чс4} = 1995091539/1400000 = 1425$$

$$\text{Чс5} = 2400000000/1400000 = 1714$$

$$\text{Чр. м.}i = \text{Чр.}i \cdot k_{с.т.}, \text{ чел.} \quad (5.37)$$

$$\text{Чр. м. 1} = 2054 * 0,33 = 678$$

$$\text{Чр. м. 2} = 3119 * 0,33 = 1029$$

$$\text{Чр. м. 3} = 4185 * 0,33 = 1381$$

$$\text{Чр. м. 4} = 5250 * 0,33 = 1733$$

$$\text{Чр. м. 5} = 6316 * 0,33 = 2084$$

$$\text{Чс. м. } i = \text{Чс. } i \cdot \text{к.с.с., чел.}$$

$$\text{Чс. м. 1} = 557 * 0,2 = 111$$

$$\text{Чс. м. 1} = 847 * 0,2 = 169$$

$$\text{Чс. м. 1} = 1136 * 0,2 = 227$$

$$\text{Чс. м. 1} = 1425 * 0,2 = 285$$

$$\text{Чс. м. 1} = 1714 * 0,2 = 343$$

Расчет потери Национального дохода в результате гибели одного человека:

$$\Delta \text{Нд} = \text{Пр} / \text{Чт. н.} (L2 - L1), \text{ руб.} \quad (5.44)$$

$$\Delta \text{Нд} = 85,44 * 1011 / 7,45 * 106 * (60 - 35) = 45873$$

Расчет общественного эффекта (Эдтп) представлен в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Общественный эффект

Повреждения	Соотношение тяжести ран	Число пострадавших		Уменьшение числа пострадавших	Коэффициент тяжести последствий	Потери, приведенные на одного пострадавшего, тыс. руб.	Экономия по группам ранений, тыс. руб.
		до мероприятия	После мероприятия				
Первый год							
Ранения	100%	2054	678	1376			
Легкие	71%	1458	481	977	0,015	688	10081
Тяжелые	29%	595	197	399	0,36	16514	2372151
Смертельные		557	111	446	1	45873	20455849
Итого:							22838081
Второй год							
Ранения	100%	3119	1029	2089			
Легкие	71%	2214	731	1484	0,015	448,02	15312

Продолжение таблицы 5.6

Тежелые	29%	904	299	606	0,36	10752,48	3602989
Смертель ные		847	169	677	1	29868	31069772
Итого:							34688073
Третий год							
Ранения	100%	4185	980	1991			
Легкие	71%	2971	400	813	0,015	688	20543
Тежелые	29%	1213	227	909	0,36	16514	4833827
Смертель ные		1136	1733	3517	1	45873	41683696
Итого:							46538066
Четвертый год							
Ранения	100%	5250	1733	3517			
Легкие	71%	3727	1230	2498	0,015	688	25774
Тежелые	29%	1522	502	1020	0,36	16514	6064664
Смертель ные		1425	285	1140	1	45873	52297619
Итого:							58388057
Пятый год							
Ранения	100%	6316	2084	4231			
Легкие	71%	4484	1480	3004	0,015	688	31005
Тежелые	29%	1831	604	1227	0,36	16514	7295502
Смертель ные		1714	343	1371	1	45873	62911542
Итого:							2326990334

$$ЧД_i = Пр.ч.н. - Пр.ч.б. + A_M + Эоби. \quad (5.45)$$

$$\begin{aligned} ЧД_1 &= 25531584,00 - 23773743,22 + 207948 + 232690334,4 \\ &= 234656123,18 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ЧД_2 &= 48510009,60 - 47729747,41 + 207948 + 232690334,4 \\ &= 233678544,59 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ЧД_3 &= 76594752,00 - 71685751,61 + 207948 + 232690334,4 \\ &= 237807282,79 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ЧД_4 &= 102126336,00 - 95641755,80 + 207948 + 232690334,4 \\ &= 239382862,60 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ЧД_5 &= 127657920,00 - 119597760,00 + 207948 + 232690334,4 \\ &= 240958442,40 \end{aligned}$$

$$\alpha_i = 1 \setminus (1 + E)t \quad (5.46)$$

$$\alpha_i = 0,909$$

$$\alpha_i = 0,826$$

$$\alpha_i = 0,751$$

$$\alpha_i = 0,683$$

$$\alpha_i = 0,621$$

$$ДСП_{i,t} = ЧД_{i,t} \cdot \alpha_i \cdot E_{ст,i,t} \quad (5.47)$$

$$ДСП_{1,t} = 234656123,18 \cdot 0,909 = 213302415,97$$

$$ДСП_{2,t} = 233678544,59 \cdot 0,826 = 193018477,83$$

$$ДСП_{3,t} = 237807282,79 \cdot 0,751 = 178593269,38$$

$$ДСП_{4,t} = 239382862,60 \cdot 0,683 = 163498495,15$$

$$ДСП_{5,t} = 240958442,40 \cdot 0,621 = 149635192,73$$

$$J_0 = K_{инв} \times C_{полн} = 22/100 \times 1812060787,14 = 398653373,2 \quad (5.48)$$

$$ЧДД = ЧД_i \times \alpha_i \cdot E - J_0 \quad (5.49)$$

$$ЧДД = 898047851,06 - 398653373,2 = 499394477,89$$

$$JD = \frac{ЧДД}{J_0} = \frac{499394477,89}{398653373,2} = 1,25 \quad (5.50)$$

$$T_{окуп} = \frac{J_0}{ЧДД} = \frac{398653373,2}{499394477,89} = 0,8 \quad (5.51)$$

Результаты расчетов приведены в таблице 5.8.

График соотношения между объемом производства и прибылью представлен на рисунке 5.2

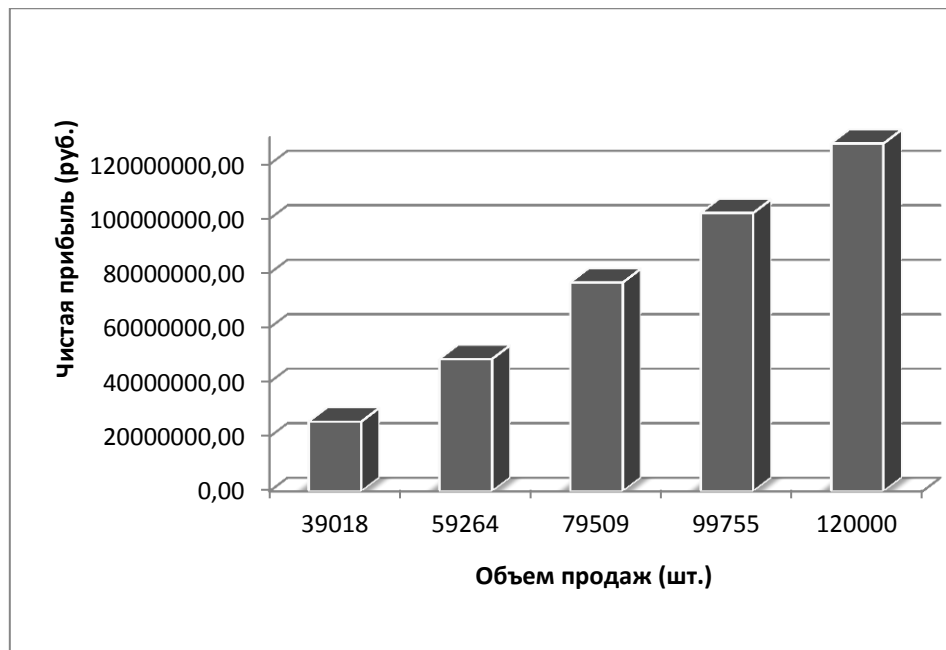


Рисунок 5.2 - График соотношения между объемом производства и прибылью

Таблица 5.7 – Коммерческая эффективность

	Г О Д Ы					
	0	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7
Объем продаж, шт.		39018	59264	79509	99755	120000
Отпускная цена за единицу продукции, руб.		5762,3				
Выручка, руб.		224835194,9	341495396,1	458155597	574815799	691476000
Переменные затраты для базового варианта, руб.		152929526	232280045	311630563	390981082	470331600
Переменные затраты для проектного варианта, руб.		163327514,9	248073236,1	332818957	417564679	502310400
Амортизация, руб.		207948				
Постоянные затраты для базового варианта, руб.		27994800				
Постоянные затраты для проектного варианта, руб.		29593200				
Полная себестоимость для базового варианта, руб.		180924326	260274845	339625363	418975882	498326400
Полная себестоимость для проектного варианта, руб.		192920714,9	277666436,1	362412157	447157879	531903600

Продолжение таблицы 5.7

Налогооблагаемая прибыль, руб.		31914480	63828960	95743440	127657920	159572400
Налог на прибыль, руб.		6382896	15318950,4	19148688	25531584	31914480
Прибыль чистая, руб.		25531584	48510009,6	76594752	102126336	127657920
Чистый поток реальных денег, руб.		234656123,2	233678544,6	237807283	239382863	240958442
Коэффициент дисконтирования		0,909	0,826	0,751	0,683	0,621
Чистый дисконтированный поток реальных денег, руб.		213302416	193018477,8	178593269	163498495	149635193
Капиталообразующие инвестиции, руб.		398653373,2				
Суммарный чистый дисконтированный поток реальных денег, руб.		898047851,1				
Индекс доходности, JД		1,25				
Срок окупаемости проекта, год.		0,8				
Чистый дисконтированный доход, ЧДД, руб.		499394477,9				

5.6 Вывод

По результатам расчетов можно сделать вывод о эффективности проекта, срок окупаемости меньше года, индекс доходности равен 1,25.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломной работе рассмотрены современные конструкции задних подвесок легковых автомобилей. На основе проведенного анализа была модернизирована задняя подвеска автомобиля LADA Granta. В результате модернизации увеличена жёсткость пружины и амортизатора.

За счёт этой модернизации эффективно гасятся продольные и поперечные угловые колебания, что благоприятно скажется на управляемости автомобиля.

В данной работе произведены:

- тяговый расчет. Получены значения максимальной скорости, времени и пути разгона, определен расход топлива при движении на высшей (пятой) передаче. Приведены графики тягового, мощностного и динамического балансов автомобиля,
- расчёт нагрузок на колёсах при торможении и заносе,
- расчёт задней подвески на плавность хода,
- расчёт цилиндрической пружины с постоянным диаметром навиваемого прутка,
- расчёт жёсткости соединителя и стабилизатора,
- разработки технологической схемы сборки задней подвески,
- расчёт по безопасности и экологичности проектируемого участка,
- экономический расчёт. Определены затраты на изготовление модернизированной подвески и рассчитан безубыточный объём продаж.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Черепанов, Л.А. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля: учеб. пособие [Текст] /Л.А. Черепанов. – Тольятти: ТГУ, 2001.-41 с.
2. Лукин, П.П. Гаспарянц, Г.А. Родионов, В.Ф. Конструкция и расчет автомобиля: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автомобили и тракторы» [Текст] П.П. Лукин, Г.А. Гаспарянц, В.Ф. Родионов, - М: Машиностроение, 1984. – 376 с.
3. Хрипач, В.Я. Экономика предприятия [Текст] / 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.
4. Сачко, Н.С. Организация, планирование и управление машиностроительным предприятием: Учеб. пособие для вузов [Текст] / 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.
5. Ипатов, М.И. Организация и планирование машиностроительного производства: Учеб. для машиностр. спец. вузов [Текст] / 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.
6. Глущенко, В.Ф. Экономика предприятия. Часть 4. Организация производства. Учеб. пособие [Текст] / В.Ф. Глущенко, Г.А. Краюхин, А.И. Михайлушкин и др.: СПбГИЭУ. – СПб: СПбГИЭУ, 2001. – 101 с.
7. Горина Л.Н., Фесина М.И. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Учебно-методическое пособие [Текст] /Л.Н. Горина, М.И. Фесина – Тольятти: ТГУ, 2016.-51с.
8. Михнюк, Т.Ф. Охрана труда: учебное пособие [Текст] / Т. Ф. Михнюк. - Минск: ИВЦ Минфина, 2007. - 297 с.

9. Лата, В.Н. Конструирование и расчет автомобиля. Ходовая часть и системы управления. [Текст] / Лата, В.Н.- Курс лекций.-125 с.
10. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т.2. [Текст] / Анурьев В.И. – М.: Машиностроение, 1978.-912 с.
11. Кисуленко, Б.В. Краткий автомобильный справочник. Т3. [Текст] / Б.В. Кисуленко, Ю.В. Дементьев, И.А. Венгеров – М.: Автополис-плюс, 2005.-560 с.
12. Успенский, И.Н. Проектирование подвески автомобиля [Текст] / И.Н. Успенский - М.: Машиностроение 1976-168с.
13. Родионов, В.Ф. Легковые автомобили [Текст] /В.Ф. Родионов, Б.А. Фитгерман. – М.: Машиностроение, 1973.-490 с.
14. Валхламов, В.К. «Автомобили. Основы конструкции» [Текст] /В.К. Валхламов, Академия, 2008.-529с.
15. Васильев, Б.С. Автомобильный справочник [Текст] / Б.С. Васильев, М.С. Высоцкий, К.Л. Гаврилов– М.: Машиностроение, 2004.-704 с.
16. Fossier, S. “An experimental evaluation of the effects of periodic motor vehicle inspection on accident rates” [Text] / S. Fossier - M.: Accident Analysis and Prevention, vol. 24, no. 6, 1992, pp. 599–612.
17. Dixon, J. C. Tyres, Suspension and Handling [Text] / J.C. Dixon – M.: Society of Automotive Engineers, Michigan, Mich, USA, 1996.
18. Gillespie, T. D. Fundamentals of Vehicle Dynamics [Text] / T.D. Gillespie – M.: Society of Automotive Engineers, 1992.
19. Van Schoor, O., Van Niekerk, J. L., Grobbelaar B. “Mechanical failures as a contributing cause to motor vehicle accidents—South Africa” [Text] / O. Van Schoor – M.: Accident Analysis and Prevention, vol. 33, no. 6, 2001, pp. 713–721.
20. Wang, C.H., Meng G.Y., Zhou Z.W. Modal analysis of car the steering column based on ANSYS [Text] / C.H. Wang – M.: J Green Sci Technol 2009; 12: 261–263.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Графики тягового расчета

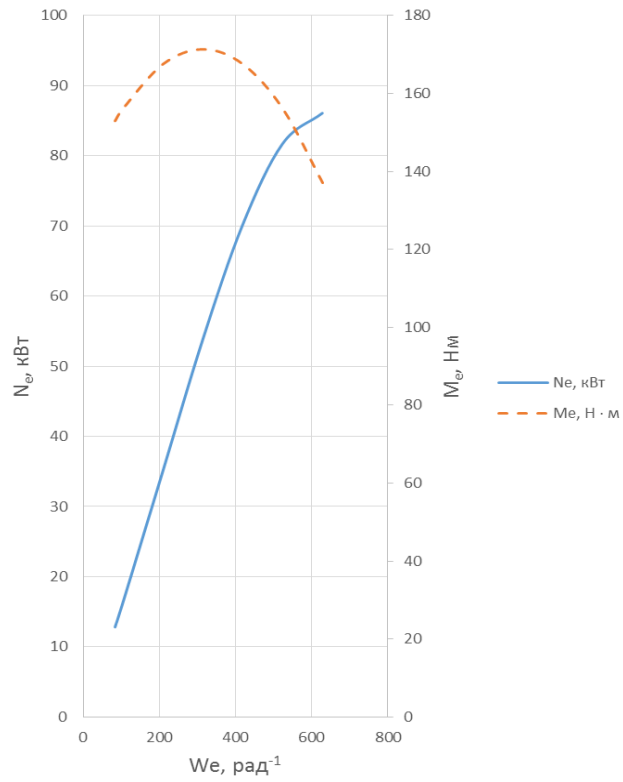


Рисунок А.1 – ВСХ двигателя

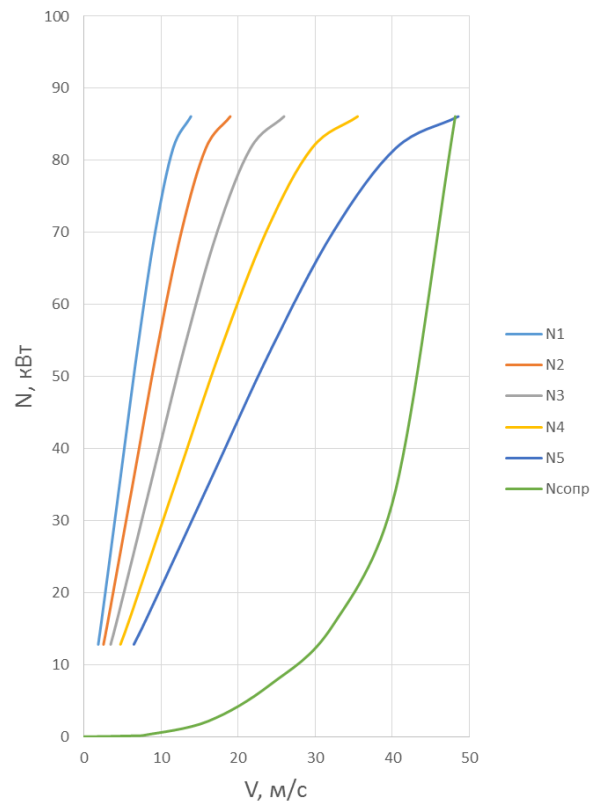


Рисунок А.2 – Мощностной баланс автомобиля на различных передачах

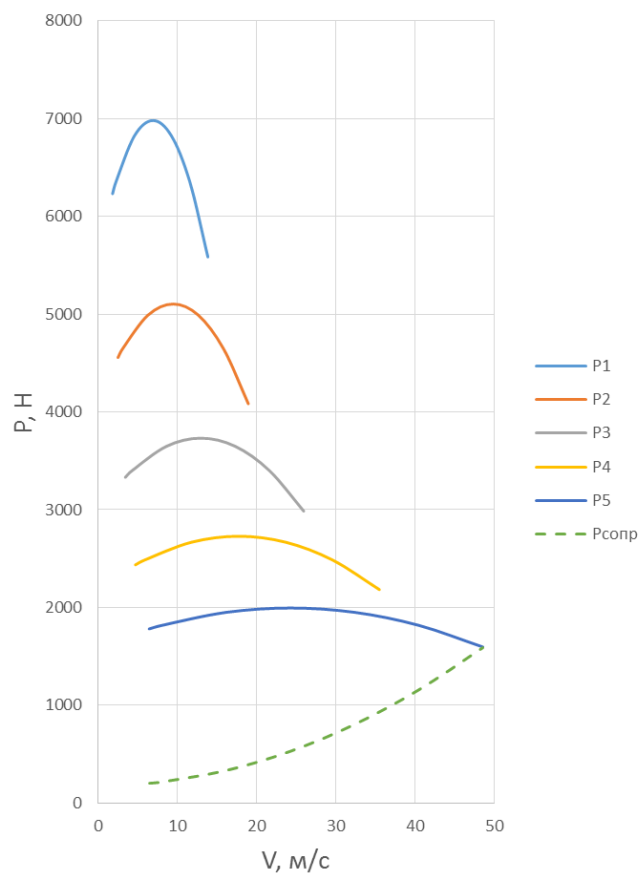


Рисунок А.3 – Тяговый баланс автомобиля на различных передачах

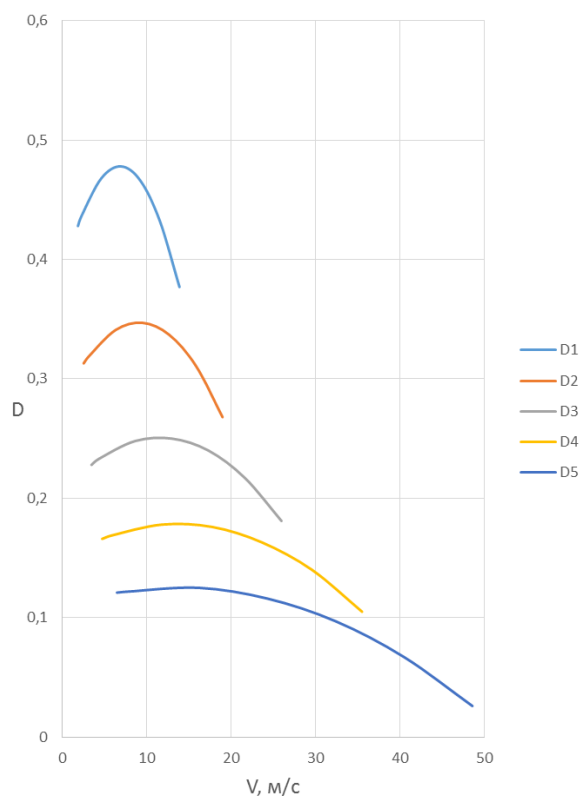


Рисунок А.4 – Динамический фактор автомобиля на различных передачах

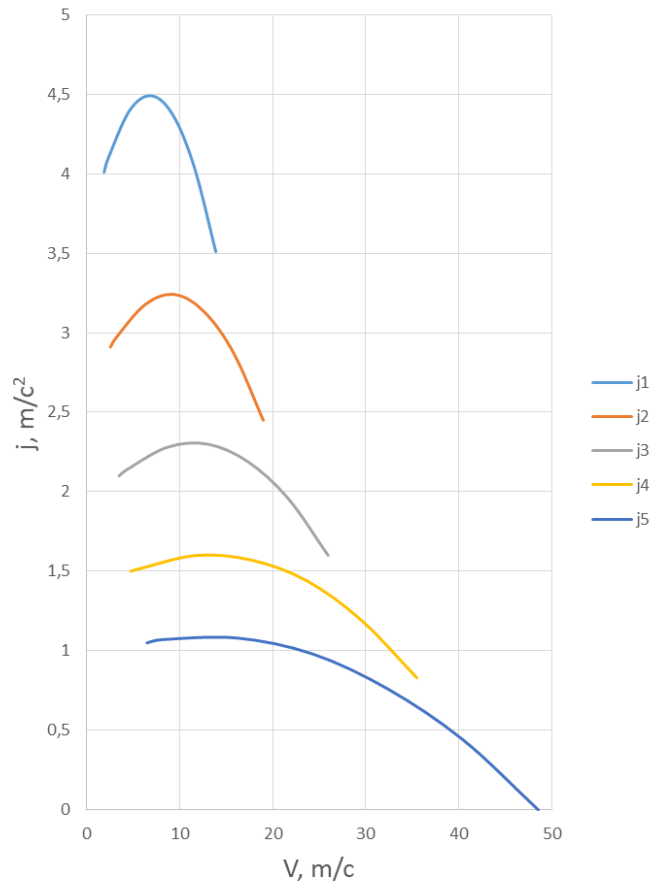


Рисунок А.5 – Ускорение автомобиля на различных передачах

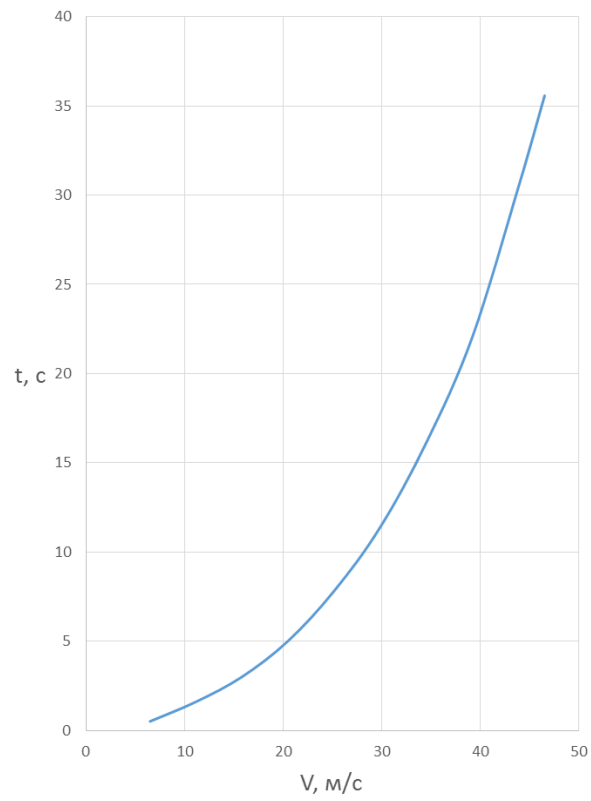


Рисунок А.6 – Время разгона

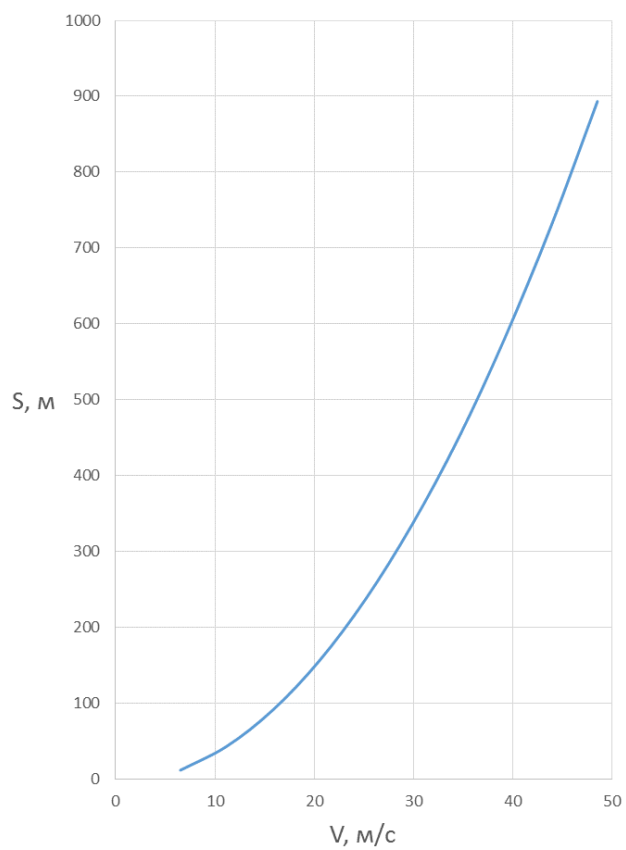


Рисунок А.7 – Путь разгона

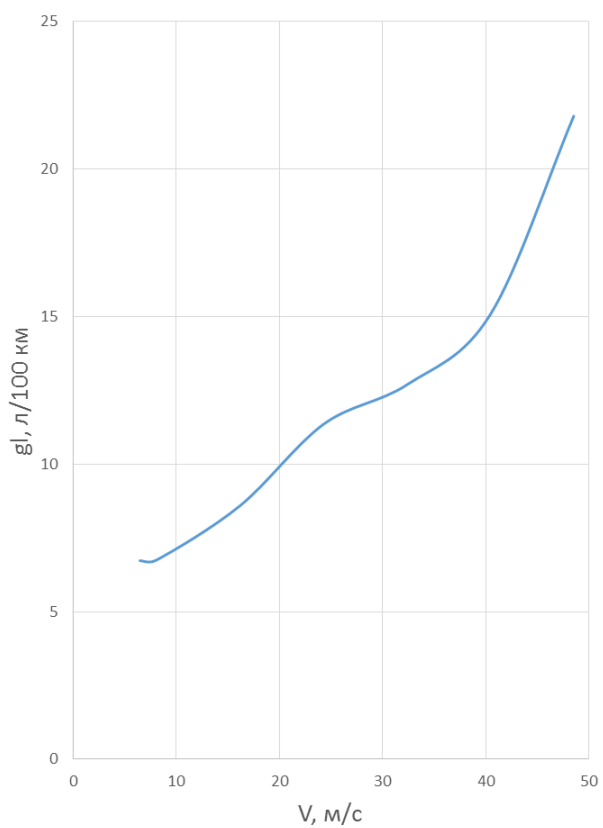


Рисунок А.8 – Топливная экономичность

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Спецификация

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание																																			
<i>Документация</i>																																									
A1			18.ДП.01.322.02.000 СБ	Сборочный чертеж																																					
<i>Сборочные единицы</i>																																									
		6	18.ДП.01.322.03.000	Пружина задней подвески	2																																				
		2	18.ДП.01.322.04.000	Амортизатор задней подвески в сборе	2																																				
		4	18.ДП.01.322-2905455	Шайба подушки крепления верхнего конца амортизатора	2																																				
		7	18.ДП.01.322-2912622	Буфер хода сжатия задней подвески	2																																				
		5	18.ДП.01.322-2912652	Пакетная изолирующая пружины задней подвески	2																																				
		1	18.ДП.01.322-2914002	Рычаги задней подвески с тормозами в сборе	1																																				
		8	18.ДП.01.322-2914040	Болт крепления рычага	2																																				
		9	18.ДП.01.322-2914046	Кронштейн крепления рычага правый в сборе	1																																				
		10	18.ДП.01.322-2914047	Кронштейн крепления рычага левый в сборе	1																																				
		3	18.ДП.01.322-2915450	Подушка крепления верхнего конца амортизатора	4																																				
		11	18.ДП.01.322-2915542	Втулка верхнего шарнира амортизатора задней подвески	2																																				
		12	18.ДП.01.322-2915608	Крышка кожуха амортизатора задней подвески	2																																				
		13	18.ДП.01.322-3103065	Колпак ступицы	2																																				
		14	18.ДП.01.322-3103068	Кольцо уплотнительное колпака	2																																				
<i>Стандартные изделия</i>																																									
18.ДП.ПчЭА.322.01.000																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">Изм.</td> <td style="width: 10%;">Лист</td> <td style="width: 10%;">№ докум.</td> <td style="width: 10%;">Подп.</td> <td style="width: 10%;">Дата</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Разраб.</td> <td></td> <td>Вайзгейм Е.В.</td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Проб.</td> <td></td> <td>Соломатин Н.С.</td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Н.контр.</td> <td></td> <td>Егров А.Г.</td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Утв.</td> <td></td> <td>Бобровский А.В.</td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>							Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			Разраб.		Вайзгейм Е.В.					Проб.		Соломатин Н.С.					Н.контр.		Егров А.Г.					Утв.		Бобровский А.В.				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата																																					
Разраб.		Вайзгейм Е.В.																																							
Проб.		Соломатин Н.С.																																							
Н.контр.		Егров А.Г.																																							
Утв.		Бобровский А.В.																																							
Задняя подвеска					Лит.	Лист	Листов																																		
					1	1	2																																		
ТГУ ИММАШ					АТ-1301В																																				

Копировал

Формат А4

