

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»  
(наименование кафедры)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

## ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

на тему **Разработка стенда для определения собственных колебаний  
поддрессоренной массы легкового автомобиля. Исследование затухающих  
колебаний**

Студент

М.С. Базыкин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Л.А. Черепанов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

А.Н. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

О.М. Сярдова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Г. Егоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

С.А. Гудкова

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой

к.т.н., доцент А.В. Бобровский

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

(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

Тольятти 2019

## АННОТАЦИЯ

Тема дипломного проекта разработка стенда для определения собственных колебаний подпрессоренной массы легкового автомобиля. Исследование затухающих колебаний.

В дипломном проекте проведен анализ существующих измерителей плавности хода автомобилей, анализ существующих конструкций стендов для испытания автомобиля на плавность хода. Одним из измерителей плавности хода является частота собственных колебаний подпрессоренной массы. Для определения собственных колебаний подпрессоренной массы в работе спроектирован и разработан стенд. Проведены аналитическое и экспериментальное исследование выше указанных колебаний.

Разработаны вопросы по безопасности жизнедеятельности, экономической эффективности проекта.

Дипломный проект содержит 8 листов формата А1, 27 таблиц, 22 рисунка, 83 страницы пояснительной записки, которые включают в себя 6 разделов, введение, заключение и список литературы.

## **ABSTRACT**

The title of the graduation work is: «The development of the stand for definition of own fluctuations of spring weight of the car. »

This graduation work is devoted to definition of own fluctuations of spring weight of the car, to their studying and smoothness of the course.

The aim of the work is to give some information about definition of own fluctuations of spring weight of the car.

The research methods include practical tests of the stand for definition of damped oscillations and also studying of operational properties of the car - smoothness of the course.

In the analytical part of work the analysis of subject of the thesis is carried out. Traction calculation for definition of damped oscillations is conducted.

The graduation work describes in details estimated indicators and standards of smoothness of the course for establishment of acceptable level of fluctuations on human body.

The special part of the project gives details about negative impact of fluctuations and vibrations on human body, car productivity, fuel consumption, cutting-down of term of work of details, knots and units that in turn increases cost of transportations.

The graduation work consists of an explanatory note on 83, pages including 22 figures, 27 tables, and the graphic part on 8 A1 sheets.

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	6
1 Состояние вопроса .....	7
1.1 Обзор работ по плавности хода автомобиля .....	7
1.2 Влияние колебаний на организм человека .....	13
1.3 Измерители плавности хода автомобиля, схема стенда .....	15
2 Теоретическое исследование свободных колебаний поддрессоренной массы автомобиля .....	24
3 Экспериментальное исследование затухающих колебаний поддрессоренной массы легкового автомобиля .....	32
4 Тягово-динамический расчет автомобиля.....	37
4.1 Подготовка исходных данных для тягового расчета .....	37
4.2 Определение передаточного числа главной передачи.....	39
4.3 Расчет внешней скоростной характеристики .....	39
4.4 Определение передаточных чисел коробки передач .....	41
4.5 Тяговый баланс автомобиля .....	43
4.6 Динамическая характеристика автомобиля .....	46
4.7 Разгон автомобиля .....	47
4.8 Время и путь разгона автомобиля .....	51
4.9 Мощностной баланс автомобиля .....	56
4.10 Топливо-экономическая характеристика .....	57
5 Безопасность и экологичность проекта .....	59
6 Экономическое обоснование и эффективность проведения НИР.....	63
6.1 Краткая характеристика сравниваемых вариантов .....	63
6.2 Исходные данные на проектный расчет .....	63
6.3 Расчет фонда времени работы оборудования .....	64

6.4 Расчет технологической себестоимости оборудования .....	65
6.5 Расчет необходимого количества оборудования и коэффициент его загрузки .....	72
6.6 Расчет прямых и сопутствующих капитальных вложений по базовому и проектному варианту .....	73
6.7 Расчет технологической себестоимости эксплуатации базового и проектируемого оборудования при оказании услуг .....	76
6.8 Калькуляция и структура полной себестоимости и эксплуатация базовой и проектируемой конструкции и цена оказания услуги.....	78
6.9 Расчет показателей экономической эффективности новой техники .....	79
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	81
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	82

## **ВВЕДЕНИЕ**

При движении автомобиля все его составные части колеблются в пространстве. Колебания возникают в результате взаимодействия переменных по величине и направлению сил и наличия упругих и демпфирующих элементов в ходовой части автомобиля. Колебания могут вызывать головокружение, усталость и другие неприятные ощущения у водителя и пассажиров, а также влияют на сохранность грузов. Динамические нагрузки, вызываемые колебаниями, приводят к изнашиванию и поломкам деталей.

Выше перечисленные колебания изучаются и исследуются в эксплуатационном свойстве автомобиля – Плавность хода.

# 1 Состояние вопроса

## 1.1 Обзор работ по плавности хода автомобиля

*Плавность хода*—это такое эксплуатационное свойство автомобиля, которое может обеспечить некоторое ограничение вибронегативности водителя, пассажиров, грузов составных частей шасси и кузова в диапазоне эксплуатационных скоростей на уровне, при котором увеличивается препятствующие явления возникновения неприятных ощущений и наибольшей утомляемости людей, повреждения грузов и составных частей конструкции автомобиля.

Плавность хода в наибольшей степени имеет зависимость от колебаний и вибраций, от их возмущающего воздействия, а также от компоновочных характеристик автомобиля и конструктивных особенностей, параметров и характеристик устройств и систем, специально предназначенных для уменьшения уровня вибрационных и ударных воздействий на водителя, пассажиров, перевозимые грузы, составные части конструкции.

При движении вследствие взаимодействия автомобиля с неровностями дороги возникают колебания и вибрации его неподрессоренных и поддрессоренных масс. В некоторых дорожных условиях тяговые показатели, в частности максимальная скорость автомобиля ограничиваются не мощностью двигателя и не сцеплением колес с дорогой, а плавностью хода (колебаниями) автомобиля. Кроме того, колебания и вибрации сопровождаются возникновениями динамических нагрузок, действующих на автомобиль и вызывающих в ряде случаев уменьшение их срока службы и поломки. Поэтому обеспечение необходимой, требуемой плавности хода автомобиля имеет большое значение не только для удобства перевозок, но и для повышения производительности, срока службы и надежности автомобиля. В понятие удобства, комфортабельности перевозок входят и такие факторы как:

- 1) Легкость и удобство управления,

- 2) Форма, размеры, расположение и мягкость сидений,
- 3) Чистота воздуха и его температура в салоне,
- 4) Обзорность,
- 5) Шумность.

Но колебания и вибрации в наибольшей степени определяют комфортабельность автомобиля, поэтому займемся разбором этих понятий.

Источниками «транспортного дискомфорта (для водителя и пассажиров) являются колебания и вибрации, возникающие в процессе движения автомобиля. Они рассматриваются в рамках группового свойства - плавности хода.

При движении автомобиля возникают колебания, обусловленные неуравновешенными силовыми воздействиями в узлах и агрегатах автомобиля, а также внешним переменным воздействием от неровностей дорожного покрытия. Эти колебания передаются на кузов автомобиля и через дорожное покрытие и грунт - на элементы придорожного пространства. Воздействие вибраций можно рассматривать по аналогии с шумом в двух аспектах: воздействие на водителя и пассажиров автомобиля и воздействие на окружающие объекты.

По способу передачи на человека различают общую и локальную вибрации. Общая вибрация передается через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека и вызывает сотрясение всего организма; локальная вибрация передается через руки человека. Водитель автомобиля одновременно подвергается воздействию общей и локальной вибрации, а пассажир и пешеход, находящийся рядом с проезжей частью, - общей.

Оценка плавности хода связана с наличием частотной и амплитудной чувствительности различных органов человека, особенно при экстремальных виброускорениях во время движения автомобиля.

Согласно нормативным документам экспериментально оцениваются значения вертикальных, продольных и поперечных виброускорений, которые



сопоставляются с техническими нормами для каждого вида АТС.»  
[<http://referat.kulichki.net>]

Установлены некоторые нормы, называемые общими, приведенные в октавных диапазонах со среднегеометрическими частотами 2; 4; 8; 16; 31,5; 63 «Гц, а локальной вибрации - 16; 32; 63; 125; 250; 500; 1000 Гц.

В автомобиле вибрации низкой частоты возникают при взаимодействии колес с дорогой, и параметры колебаний являются случайными. Уровень вибрации в основном определяется скоростью движения, ровностью дорожного покрытия, конструктивными особенностями подвески автомобиля и его техническим состоянием. Колебания автомобиля по всем параметрам близки к параметрам колебаний отдельных органов человека, поэтому вибрация оказывает отрицательное влияние на те органы человека, частоты колебаний которых совпадают с частотой вибрации автомобиля.

При проектировании подвески автомобиля стараются обеспечить такую плавность хода, при которой уровни вибрации не превышают порога снижения комфортности или порога производительности труда, а частота колебаний кузова находится в диапазоне 1,5 . 2,5 Гц.

Наименьший уровень вибрации, источником которой является взаимодействие колес с дорогой, наблюдается при размещении водителя и пассажиров внутри автомобиля на площади, ограниченной колесной базой. Такое размещение принято практически для всех легковых автомобилей. Для водителей грузовых автомобилей с компоновкой кабины над двигателем и автобусов вагонного типа необходимо применение сиденья с поддрессориванием.

Вибрации, возникающие при движении автомобиля, не только воздействуют на водителя и пассажиров, но и передаются через дорожное покрытие в окружающее пространство. Исследования показывают, что они могут превышать допустимый для человека уровень на удалении от проезжей части до 10м.» [<http://referat.kulichki.net>]

«Шины влияют на высокочастотные колебания автомобиля. Для улучшения плавности хода автомобиля целесообразно иметь шины возможно меньшей жесткости. Жесткость шин уменьшают, снижая давление воздуха в» [25] «них и увеличивая ширину профиля.

Применение независимой подвески передних колес позволяет получить отношение статистических прогибов передней и задней подвесок, близкое к единице. В результате при наезде автомобиля на препятствие галопирования практически не происходит, так как кузов перемещается параллельно самому себе. При применении независимой подвески для задних ведущих колес значительно усложняется конструкция привода колес. Поэтому, как правило, независимую подвеску применяют только для передних колес. Однако в настоящее время для заднеприводных автомобилей среднего и большого классов все более широкое применение находит задняя независимая подвеска.

В качестве упругого элемента независимой подвески используют пружины, а в последнее время и упругие пневмоэлементы, реже – торсионы. Пружины и торсионы по сравнению с листовыми рессорами имеют меньшую массу, большую долговечность, практически не имеют внутреннего трения, просты в изготовлении и не нуждаются в техническом обслуживании. Пневмоподвеска обеспечивает высокую плавность хода благодаря небольшой жесткости и благоприятному характеру изменения упругой характеристики, а также возможности регулирования в широких пределах жесткости подвески и высоты кузова» [25] Для рассеивания энергии колебаний автомобиля в подвесках устанавливают амортизаторы. На современных автомобилях наибольшее применение находят гидравлические телескопические амортизаторы двустороннего действия. Амортизатор проектируют таким образом, чтобы создаваемая им сила сопротивления была пропорциональна скорости деформации подвески.

*Основными источниками колебаний и вибраций при движении автомобиля являются:*

- 1) Дороги, имеющие некоторые неровности;
- 2) Геометрическая и силовая неоднородность и неуравновешенность вращающихся деталей двигателя, трансмиссии, шин и колес;
- 3) Неравномерность вращения вала двигателя, карданных валов, колес.

*Устройствами и системами, защищающими автомобиль, водителя, членов экипажа, пассажиров и перевозимые грузы от чрезмерных воздействий колебаний и вибраций являются:*

- 1) Автомобильная подвеска;
- 2) Автомобильные шины;
- 3) Подвески автомобиля, карданной передачи и других агрегатов;
- 4) Сиденья водителя, членов экипажа, пассажиров;
- 5) Система поддрессоривания сидений;
- 6) Подвеска кабины, применяемая на современных грузовых автомобилях.

Все перечисленные устройства и системы в качестве основных элементов, снижающих амплитуды вибраций и ударных воздействий, а также изменяющих частоту колебательных процессов в диапазоне, приемлемом для нормальных ощущений человека, используют металлические (рессоры, пружины, торсионы), резиновые, гидравлические, пневматические и комбинированные *упругие элементы*. Для гашения колебаний и вибраций используют *амортизаторы* гидравлического типа, а также поглощение энергии колебаний за счет *гистерезисного трения* в упругих элементах, шарнирах и сайлент-блоках.

## Значение плавности хода

Как следует из определения, плавность хода автомобиля обеспечивает ограничение колебаний, вибраций и ударных нагрузок на требуемом уровне.

*Вибрации* оказывают вредное воздействие на людей, перевозимые грузы, ухудшают условия работы агрегатов, узлов и деталей, разрушают дорожные покрытия.

Вибрации вызывают *усталость водителей*, создающие для них дискомфортные, а иногда и опасные условия. При повышенном уровне вибраций они вынуждены снижать скорость движения, вследствие чего уменьшается *производительность* автомобиля. Вибрации повышают сопротивление движению из-за потерь энергии в амортизаторах, рессорах, шинах, что связано с дополнительным *расходом топлива*. Вибрации увеличивают динамические нагрузки на агрегаты, узлы и детали, что приводит к *сокращению срока их работы*. Повышенный износ и более частые поломки составных частей автомобиля сокращают периодичность технических обслуживаний и межремонтных пробегов, что в сочетании с повышенными затратами на топливо удорожает *себестоимость перевозок*.

Опыт эксплуатации грузовых автомобилей показывает, что на дорогах с неровной поверхностью средняя скорость уменьшается на 40 ... 50 %, расход топлива увеличивается на 50 ... 70 %, межремонтный пробег сокращается на 35 ... 40 %, производительность снижается на 35 ... 40 %, себестоимость перевозок возрастает на 50 ... 60 %.

Таким образом, снижение уровня вибронагруженности составных частей автомобиля, людей и грузов повышает не только его плавность движения, но и показатели других эксплуатационных свойств и эффективности использования.

## «1.2 Влияние колебаний на организм человека

«В итоге длительного влияния колебаний кузова, образующихся при перемещении автомобиля, пассажиры и водитель сильно утомляются. Колебания кузова показываются еще на сохранности перевозимого груза и» [http://inethub.olvi.net.ua] «самого автомобиля. В следствие этого одним из ведущих требований, предъявляемых к автомобилю, считается увеличение плавности хода и совершенствование комфортабельности.

Колебания автомобиля возможно поделить на низкочастотные (до 15...18 Гц) и высокочастотные – вибрации. Вибрационная чувствительность» [http://inethub.olvi.net.ua] организма составляет 15...1500 Гц. С высокой частотой преимущественно колеблются неподрессоренные массы, а с низкой – поддрессоренные (кузов» [http://inethub.olvi.net.ua]).

При» [http://inethub.olvi.net.ua] человеческий организм устроен очень сложно, а когда автомобиль движется на его кузов подаются сильные вибрации и неменьшие колебания, в результате чего нельзя предугадать реакцию организма на это. Насколько известно, колебания подразделяются на низкие (с низкой частотой до 900-1100 кол/мин, т.е. 15/20 Гц) которые организмом человека принимаются как небольшие изменения нагрузки или положения. Тогда как вибрации считаются высокими частотами и, как правило, воспринимаются слитно. Например, диапазон колебания от 60 до 150 кол/мин предназначены для кузова, лежащего на рессорах, но, также колебания между рессорами и шинами равна 360-900 кол/мин, вследствие чего, самые большие частоты колебаний (1000 кол/мин и более), называемые вибрациями, происходят от двигателя, трансмиссии и кузова. Говоря о вредном воздействии на организм человека нельзя не упомянуть вестибулярный аппарат, влияние колебаний на который имеют колебаний с частотой 3-5 Гц. Рассмотрим частоту от 3-5 до 11 Гц, и получим резонанс с организмом и некоторых его частей (головы). А также при изучении больших частот колебаний (через звуковое восприятие) наблюдалось ухудшение

общего состояния человека, в частности тошнотные ощущение, зрение, посредством вредного влияния колебаний на глазное яблоко, резко ухудшалось.

В автомобиле не зря придуманы специальные сиденья, именно они изолируют пассажиров от вибраций, которые, в свою очередь, негативно влияют на людей. Единственный способ передачи вибраций от кузова к человеку это через соприкосновения ног с полом. Вибрационная нагрузка, которая прилагается к подошвам человека, который сидит на сиденье, как правило, не передается на основные органы тела, но несмотря на это, очень неприятна, а при большой интенсивности, на самом деле, даже очень сильно вредна. Для того, чтобы устранить проблему, связанную с вибрациями, оказывающие силовое воздействие на пассажира, в частности на ноги, применяют коврики, но не простые, а толстые и упругие.

Звуковое проявление вибраций тоже сильно утомляет человека. Постоянно действующий звук (дребезжание стекол, скрипы, стуки) раздражает и утомляет нервную систему.

*«Неподдрессоренными массами»* называются части автомобиля (мосты, колеса и др.), вес которых не воспринимается подвеской, а передается через шину на опорную поверхность.

*Поддрессоренными массами* называются массы, вес которых передается через упругие элементы подвески. Действие колебаний на организм человека зависит от их частоты, амплитуды, продолжительности и направления воздействия.

В настоящее время нет единого мнения о пределах частоты колебаний, которые соответствуют определенному виду воздействия на организм человека. Человек не ощущает колебаний при ходьбе, так как привык к частоте, составляющей в зависимости от числа шагов 1,7...2,5 Гц в 1 с.

Влияние знакопеременных ускорений колебаний на организм человека в большой степени зависит от частоты колебаний. С увеличением частоты даже небольшие ускорения колебаний могут вызвать неприятные или

болезненные ощущения. Ниже приведены значения ускорений колебаний, вызывающие различные ощущения.» [<http://inethub.olvi.net.ua>]

Частота, Гц.....	1	1,5	2	3
Ускорение колебаний, м/с.....	2,3(2,7)	2,1(2,5)	1,9(2,3)	1,7(2,0)

Примечание. Число без скобок соответствует неприятным ощущениям, число в скобках – болезненным.

Однако же наибольшее влияние на организм человека оказывают вертикальные колебания кузова. Изучение показало, что на организм человека влияют амплитуды, частоты, ускорения, скорость колебательного движения. Здесь остановимся на критериях, оценивающих воздействие тех или иных колебаний на человека

### **1.3 Измерители плавности хода, схема стенда**

До сих пор между последователями, занимающиеся данным вопросом, нет договоренности о каком-то едином измерителе плавности хода. В работе приведено несколько вариантов, предложенных измерителей.

1) Оценка колебаний по частотам колебаний. Дело в том, что человек привык к числу колебаний, испытываемых им при ходьбе. А это число лежит в пределах 60-120 кол/мин в зависимости от скорости движения (3-5км/ч). В самом деле частоты колебаний кузова современных автомобилей лежит примерно в этих пределах. К примеру, все знают, что такое морская болезнь, это мы и получим, снизив колебания до 50, но если же превысить установленные нормы, то получим ощущение резких толчков. Но оказалось, что автомобили с одинаковыми частотами колебаний по-разному воздействовали на человека, то есть связь между ощущениями и колебаниями не так проста.

2) Оценивается также плавность хода величиной вертикальных ускорений при установившемся режиме движения. Затем измерители стали представлять в виде соотношений амплитуд и частот с различными показателями степеней.

3) Долгое время для оценки влияния колебаний на организм человека использовали мощность колебаний. Предполагалось, что человек тем сильнее ощущает колебания, чем больше их мощность. Этот оценочный параметр предлагалось определять по выражению:

$$\varepsilon = 10 \lg \frac{E}{E_0} \text{ палей} \quad (1.1)$$

где  $E$  – мощность свободных колебаний автомобиля  
 $E_0$  - мощность на пределе их ощущаемости  
Установили даже примерную шкалу для оценки колебаний автомобиля в паях, например допустимые колебания 20-40 палей и так далее.

Установили даже примерную шкалу для оценки колебаний автомобиля в паях, например допустимые колебаний 20-40 палей и так далее.

Наиболее употребимым измерителем плавности хода при сравнительных испытаниях автомобилей, является величина максимального или среднеквадратичного ускорения, определяется в характерных точках автомобиля. Это объясняется тем, что ускорения легко и точно замерить в дорожных условиях, а также ясность физического смысла (изменение величин ускорений ведет к пропорциональному изменению нагрузки, действующей на пассажиров или груз). Известно, что если среднеквадратичная величина ускорений (вертикальных) лежит в пределах 0,1-0,25 g, то автомобиль удовлетворяет требованиям комфорта.

Для того, чтобы полнее представлять те величины, о которых идет речь (частоты, ускорения), разберем некоторые основные положения теории колебаний.



«Оценочные характеристики плавности хода автомобиля обязаны охарактеризовывать влияние колебаний на людей и на перевозимый груз. Дозволенная степень колебаний для человека ограничен» [49]. Установление критериев оценки плавности хода для организма человека считается сложной задачей. Человек воспринимает колебания на базе личных чувств лично, в следствие этого различные разные люди, но, бывает, что одни и те же люди воспринимают одни и те же колебания по-разному. Тем не менее, есть *обобщенные показатели*, которые адекватно отражают субъективные ощущения большинства людей.

Гармоническое колебательное воздействие на организм человека имеет вид

$$z = z_{\max} \sin \omega t + \varphi \quad (1.2)$$

где  $-z_{\max}$  – амплитуда перемещения;

$\omega$ - угловая частота;

$t$ - время;

$\varphi$ - фазовый угол.

Каждый из этих параметров в отдельности и в сочетании друг с другом оказывают влияние на ощущения человека.

«Человеческий организм воспринимает колебания по-всякому в зависимости от их частоты. В зоне невысоких частот восприятие колебаний пропорционально *ускорениям*, в зоне средних частот – *скорости*, в зоне больших частот – *перемещениям*.

Организм человека привык к вертикальным» [47] толчкам при ходьбе и хорошо приспособлен к частотам и ускорениям, характеризующим движение пешехода. *Частота*, зависящая от скорости и длины шага пешехода, составляет 1,7...2,5 Гц (100...150 колебаний в минуту), ускорение – до 0,4g. «Человеческий организм, как было установлено, имеет наибольшую

чувствительность к вертикальным колебаниям в диапазоне частот 4...8 Гц и горизонтальным – 1...2 Гц» [47]

В нормативных документах, регламентирующих уровень воздействия вибраций на организм человека, принят диапазон частот от 0,7 до 80 Гц. Поскольку реакция организма человека зависит от частоты воздействия, диапазон частот принято делить на несколько частей или полос, называемых октавами. *Октава* – это полоса частот, в которой верхняя граничная частота в два раза выше нижней. Деление на октавы объясняют тем, что чувствительность человека к частотам подчиняется достаточно точно логарифмической шкале с основанием 2. Каждая октава имеет свой *номер* и *среднегеометрическую или центральную частоту*, которую вычисляют по соотношению

$$f_i = \sqrt{f_{Hi} f_{Bi}} \quad (1.3)$$

где  $f_{Hi}$  и  $f_{Bi}$  – нижняя и верхняя граничные частоты соответственно;

$i$  – порядковый номер октавы.

Нормативными документами плавность хода автомобилей предписано рассматривать в диапазоне частот от 0,7 до 22,4 Гц, охватывающем 1...5 октавы. Характеристика первых пяти октав приведена в табл. 1

Таблица 1.1 - Частотные характеристика октав

Номер октавы	Среднегеометрическая частота, Гц	Граничные частоты, Гц	
		нижняя	верхняя
1	1	0,7	1,4
2	2	1,4	2,8
3	4	2,8	5,6
4	8	5,6	11,2
5	16	11,2	22,4

Для более точной оценки влияния частоты колебаний на ощущения человека октавы делят на *1/3-октавные полосы*. Например, первая октава разбита на три третьоктавные полосы с диапазоном частот 0,7...0,93 Гц; 0,93...1,16 Гц; 1,16...1,4 Гц, среднегеометрические частоты которых соответственно равны 0,8; 1; 1,25 Гц.

Из формулы (1.2) следует, что воздействие колебаний зависит от амплитуды  $z_{\max} = A$ . Сама по себе амплитуда не может однозначно формировать ощущение человека. Например, при перемещении в лифте здания на несколько десятков метров во время подъема на верхние этажи и опускания на первом этапе человек не испытывает досадных чувств, в случае если скорость движения лифта невысока, т.е. частота колебательного процесса  $\omega = 2\pi/T$  мала. Однако при увеличении частоты переносимость человеком воздействия колебаний снижается. В определенном диапазоне частот при амплитудах свыше 35...40 мм амортизационная способность организма человека не предотвращает колебаний головы, что приводит к неприятным ощущениям и быстрой утомляемости. При амплитудах, меньших 35...40 мм, их величина, а также частота колебаний не оказывают заметного влияния на ощущения человека.

Для более правильной оценки воздействия колебаний на организм человека амплитуду перемещений  $A$  следует связать с частотой  $\omega$  колебаний. Это может быть достигнуто, если рассматривать воздействие на человека скорости колебаний (виброскорости) и ускорения (виброускорения) колебаний.

*Скорость гармонического колебания* – первая производная от выражения (1.2):

$$z = dz/dt = V = z_{\max} \omega \cos \omega t + \varphi = V_{\max} \cos \omega t + \varphi \quad (1.4)$$

Где  $V_{\max} = z_{\max} \omega$  - амплитуда скорости колебаний.

*Амплитуда скорости колебаний* определяет энергию, которую воспринимает организм человека. Если сравнивают два колебательных процесса с одинаковой частотой, то вибронгруженность будет выше, если больше амплитуда перемещений. Аналогично, если два процесса имеют одинаковые амплитуды перемещений, вибронгруженность будет больше, если выше частота колебаний.

Однако амплитуда скорости колебаний не всегда служит надежным измерителем колебательного процесса. Например, если  $z_{max} \rightarrow 0$  или  $\omega \rightarrow 0$ , а также если  $z_{max} \rightarrow \infty$  или  $\omega \rightarrow \infty$ .

Более универсальным измерителем вибронгруженности организма человека является *ускорение гармонического колебания (виброускорения)*, представляющее вторую производную от выражения (1.2):

$$z = d^2z/dt^2 = a = -z_{max}\omega^2 \sin \omega t + \varphi = -a_{max} \sin \omega t + \varphi \quad (1.5),$$

Где  $a_{max} = z_{max}\omega^2$  - *амплитуда ускорения колебаний*.

Виброускорение определяет силу инерции, действующую на организм человека ( $F_a = mz$ ). Так же ускорение колебаний пропорционально квадрату частоты, роль частоты в формировании силового воздействия колебаний на организм человека возрастает.

Рассмотренные измерители интенсивности вибраций положены в основу нормирования их допустимых уровней в нормативных документах: стандарте 2631-78 Международной организации по стандартизации (ИСО) и ГОСТ 12.1.012-90. В обоих документах допустимые пределы воздействия вибраций на организм человека устанавливают в соответствии с тремя критериями: 1) граница снижения производительности труда; 2) предел воздействия или безопасность здоровья; 3) порог снижения комфорта. Измерителем интенсивности вибрации в МС ИСО приняты *средние квадратические значения (величины) виброускорений* в диапазоне частот от 1 до 80 Гц, в ГОСТ – *средние квадратические значения виброскоростей и*

виброускорений и их логарифмические уровни в диапазоне частот от 0,7 до 80 Гц. Допустимая величина каждого из названных параметров задана в каждой октавной или 1/3-октавной полосе частот.

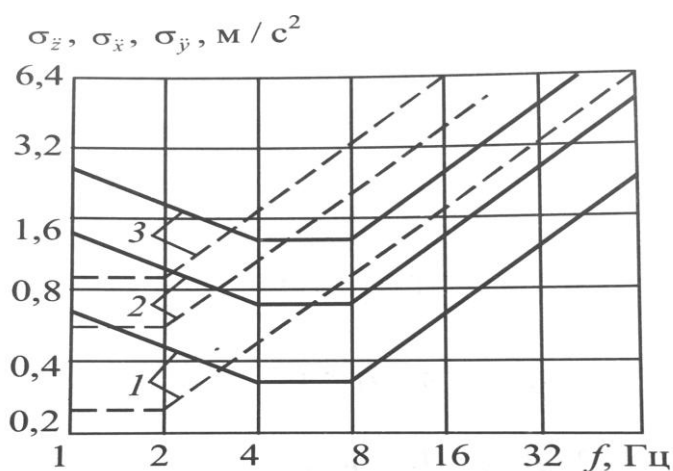


Рисунок 1.1 - Зависимость средних квадратических значений виброускорений, соответствующих границе снижения производительности труда, от частоты при вертикальных (—) и горизонтальных (---) колебаниях продолжительности:

1 – 8ч; 2- 2,5ч; 3- 1ч.

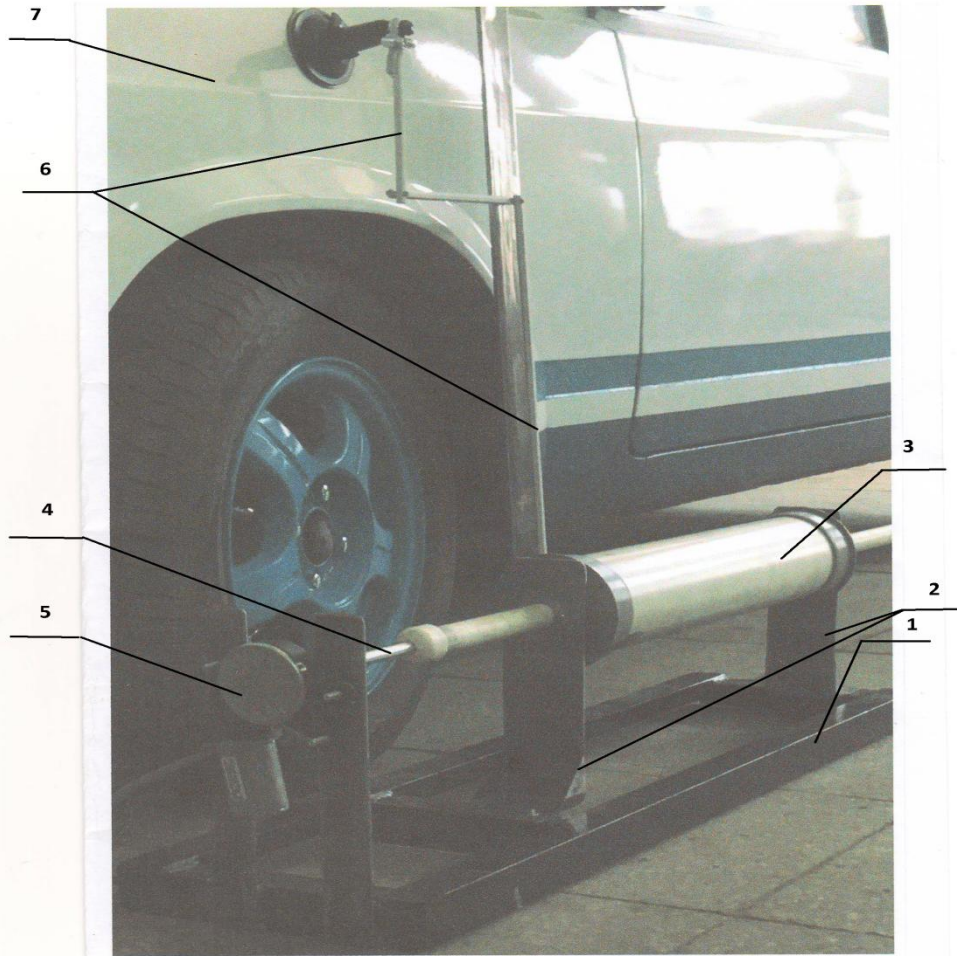
Пределы воздействия вибрации нормируют отдельно в *вертикальном и горизонтальном направлениях*. В МС ИСО допустимые значения средних квадратических виброускорений регламентируют для *времени непрерывной работы человека* 1; 16; 25 мин; 2,5; 4; 16; 24 ч. В ГОСТ значения параметров устанавливают для времени непрерывной работы 8 ч (рабочей смены).

На рис. (1.1) показаны средние квадратические значения виброускорений, соответствующие *границе снижения производительности труда* при вертикальных и горизонтальных колебаниях. Для получения значений виброускорений, надлежащих лимиту влияния *порогу понижения комфорта*, приведенные «на рис. (1.1) величины следует в» [<http://nntu.ru>] соответствие «увеличить в два раза и уменьшить в 3,15 раза.» [<http://nntu.ru>]

Для предупреждения *перемещений незакрепленных грузов* необходимо, чтобы вертикальные виброускорения пола грузовой платформы не превышали  $g$ .С учетом необходимого запаса значения средних

квадратическихвиброускорений на полу кузова и в других характерных точках поддресоренной части (на лонжеронах над передней и задней осями двухосного автомобиля, между средней и задней осями трехосного автомобиля) не должны превышать 1,3...2,7 м/с<sup>2</sup> у одиночных грузовых автомобилей и тягачей, 2,5...4,5 м/с<sup>2</sup> у прицепов и 2...4 м/с<sup>2</sup> у полуприцепов.

## Схема стенда



1 рама; 2 опоры барабана; 3 барабан; 4 соединительная втулка; 5 электродвигатель; 6 система рычагов; 7 поддресоренная масса автомобиля

Рисунок 1.2 Схема стенда для определения собственных колебаний поддресоренной массы

## 2 Теоретическое исследование свободных колебаний поддрессоренной массы автомобиля

Теория колебаний позволяет составить уравнения движения тела и определять для любого момента времени положение тела относительно неподвижных осей координат. Рассмотрим параметры, которые характеризуют всякое колебательное движение.

Период колебаний  $T$  – время, в течении которого тело совершает процесс колебаний и возвращается в исходное положение.

«Амплитуда колебаний  $A$  →» [<http://inethub.olvi.net.ua>] «наибольшее отклонение тела от положения равновесия.» [<http://inethub.olvi.net.ua>]

Линейная или техническая частота -  $n$  кол/мин – число колебаний телав минуту. Угловая частота колебаний равна - (радиан/мин).

Колебания могут быть различными. Свободными или собственными называют такие колебания, которые совершает тело после нарушения равновесия вследствие внешнего возмущения. Свободные колебания обычно являются затухающими колебаниями. Вынужденными или установившимися колебаниями называют такие, которые вызываются переменной возмущающей силой. Неустановившиеся – это такие колебания, в числе которых можно выделить и свободные и установившиеся.

«Разглядим шатания «тела весом  $G_r$  (рис. 1,а) с одной степенью свободы, размещенного на пружине жесткостью  $c$ . Когда пружина располагается в свободном состоянии, тело занимает состояние  $I$ . При равновесии системы появляется статистическая деструкция пружины под воздействием веса  $G$ , вследствие чего тело занимает состояние  $II$ , при этом деструкция (прогиб) пружины

(2.1)



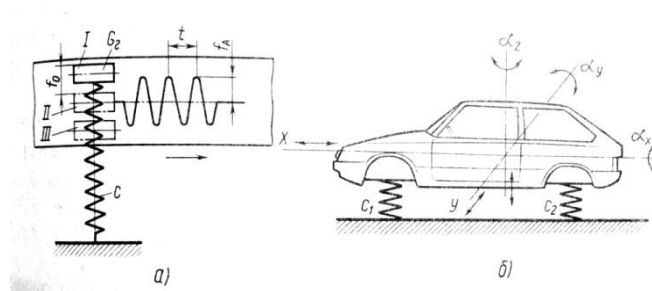


Рисунок 2.1 Схема колебаний тела с одной степенью свободы и упрощенная схема колебательной системы автомобиля

Переместим тело в состояние *III* и, сжав пружину, вслед за тем отпустим ее.»Тело начнет колебаться, перемещаясь вверх и вниз. В случае если с данным телом связать самопишущий устройство и протягивать с неизменной скоростью ленту, то на ней будет записана кривая колебаний тела. На получившейся кривой отметим амплитуду  $f_a$ , равную большому отклонению тела от положения равновесия, и период  $t$ , равный промежутку времени, который соответствует двум ближайшим одинаковым положениям тела(например, крайним верхним).

Во время шатаний тело движется неравномерно, при этом в одно и тоже время меняются его положение, скорость, ускорение и нарастание ускорений. Характер кривых перемещения, скорости и ускорений приблизительно один и тот же.

Шатания кузова автомобиля характеризуется в основном семью» [<http://inethub.olvi.net.ua>] «аналогичными измерителями, приведенными ниже.

*Период колебаний*  $t$ – время, в течении которого кузов совершает полное колебательное движение, с.

*Угловая частота*  $\Omega$  - величина, численно равная произведению частоты колебаний на  $2\pi$ ;  $\Omega = 2\pi\nu = 2\pi/t$ .

Угловая частота соответствует фазе колебаний без начальной фазы в момент времени  $t=1$  с. В практике частоту колебаний измеряют числом колебаний в 1 мин:  $n=60/t$ .

Частоты  $\Omega$  и  $n$  связывает равенство

$$n = 60/t = 60\Omega / 2\pi = 30 / \pi \sqrt{c/m} \quad (2.2)$$

где  $m$ -масса колеблющегося тела.

Подставив в выражение (2.2) значение жесткости сиз формулы (2.1) и выразив массу  $m$  через  $G_r/g$ , получим

$$n = (30/\pi) \sqrt{G_r/f_0 \cdot g/G_r} = (30/\pi) \sqrt{g/f_0} \quad (2.3)$$

Этим образом, чем более статистический прогиб подвески, тем меньше частота собственных колебаний. Применяя мягкие подвески, сокращают частоту собственных колебаний кузова и увеличивают комфортабельность автомобиля.

*Амплитуда колебаний* – наибольшее отклонение (перемещение) от положения равновесия, м.

*Скорость колебаний* – первая производная перемещения по времени, м/с.

*Ускорение колебаний* – вторая производная перемещения по времени или первая производная скорости колебаний по времени, м/с..

*Среднее квадратическое ускорение колебаний,  $\sigma_{СК}$ , м, с<sup>2</sup>.*

*Скорость нарастания ускорения колебаний* – третья производная перемещения по времени или первая производная ускорения колебаний по времени ,м» [<http://inethub.olvi.net.ua>] /.» [<http://inethub.olvi.net.ua>]

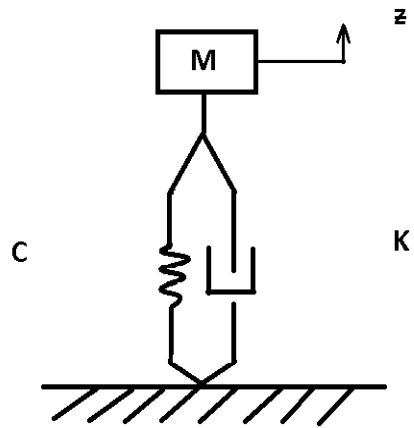


Рисунок 2.2 -Поддрессоренная масса автомобиля

$$cz + F_n + F_a = 0$$

$$cz + Mz + kz = 0$$

$$F_n = MzF_a = kz$$

$$z + 2\zeta z + w^2 z = 0(2.4)$$

где  $\zeta = \frac{k}{2M}$  - коэффициент сопротивления подвески

$$w^2 = \frac{c}{M} \quad (2.5)$$

Решение уравнения (2.4) будет иметь различную форму в зависимости от соответствия между  $h$  и  $w$

а) первый случай:  $h < w$ (случай малого сопротивления)

$$z = A e^{-\zeta t} \sin(w_0 t + \varphi) \quad (2.6)$$

$$w_0 = \sqrt{w^2 - \psi^2} = \sqrt{1 - \psi^2} \quad - \text{ частота затухания колебаний}$$

Где  $\psi = \frac{\gamma}{w}$  - относительный коэффициент затухания, характеризует быстроту убывания амплитуды.

Если  $\psi = 1$ , имеем  $h=w$  и  $w_0 = 0$ , т.е. свободные колебания отсутствуют. У современного автомобиля колебания кузова происходят с  $\psi = 0,15 \div 0,35$  т.е. 15-35 % от предельного аperiodического.

$$T = \frac{2\pi}{w} \quad (2.7)$$

$$\text{Или } T = \frac{2\pi}{w^2 - \psi^2} = \frac{T_0}{1 - \frac{\psi^2}{w^2}}$$

Здесь  $T_0 = \frac{2\pi}{w}$  - период той же но без сопротивления.

б) второй случай: если  $h=w$  то

$$z = e^{-\psi t} \frac{z_0 k_2 + \psi + z_0}{2k_2} e^{k_2 t} + \frac{z_0 k_2 - \psi - z_0}{2k_2} \quad (2.8)$$

$$K_2 = \sqrt{\psi^2 - w^2}$$

Пример расчета собственных колебаний поддрессоренной массы для автомобиля классической компоновки.

$$f_{\text{сум}} = f_p + f_{\text{ш}} = \frac{G}{C_p} + \frac{G}{C_{\text{ш}}} = \frac{G}{C_{\Sigma}}$$

$$\frac{1}{C_p} + \frac{1}{C_{\text{ш}}} = \frac{1}{C_{\Sigma}} \rightarrow C_{\Sigma} = \frac{C_{\text{ш}} \cdot C_p}{C_p + C_{\text{ш}}}$$

$$c_p = 21 \frac{\text{кГ}}{\text{см}}$$

$$c_{\text{ш}} = 155 \frac{\text{кГ}}{\text{см}}$$

$$C_{\Sigma} = \frac{155 \cdot 21}{155 + 21} = \frac{3255}{176} = 18.5 \frac{\text{кГ}}{\text{см}}$$

$$w = \frac{C_{\Sigma}}{m} = \frac{18.5}{0.255} = 72.5 = 8,52 \text{ c}^{-1}$$

$$F = 250 = g \cdot m \rightarrow m = \frac{250 \text{ кг}}{980 \frac{\text{см}}{\text{с}^2}} = 0,255 \frac{\text{кг}\text{с}^2}{\text{см}}$$

$$w = \frac{\pi n}{30} \rightarrow n = \frac{30 \cdot 8,52}{3,14} = 81 \frac{\text{кол}}{\text{мин}}$$

$$\psi = \frac{\square}{w} = 0,35 = \frac{\square}{8,52} \rightarrow \square = 2,98 \text{ c}^{-1}$$

$$w_0 = \sqrt{8,52^2 - 2,98^2} = 7,98 \text{ c}^{-1}$$

$$M=250 \text{ кг}$$

$$K_a = 1,52 \frac{\text{кг}\text{с}}{\text{см}}$$

$$\square = \frac{K_a}{2m}$$

$$K_a = 2,98 \cdot 2 \cdot 0,255 = 1,52 \frac{\text{кг}\text{с}}{\text{см}}$$

$$h=2,98\text{c}^{-1} A=4\text{см}$$

$$z = A e^{-\square t} \sin(w_0 t + \varphi)$$

$$z = 4 \cdot 2,7^{-2,98 \cdot 0,1} \cdot \sin(7,98 \cdot 0,1 + 90)$$

Далее представлены графики по которым можем определить собственные колебания поддресоренной массы легкового автомобиля.

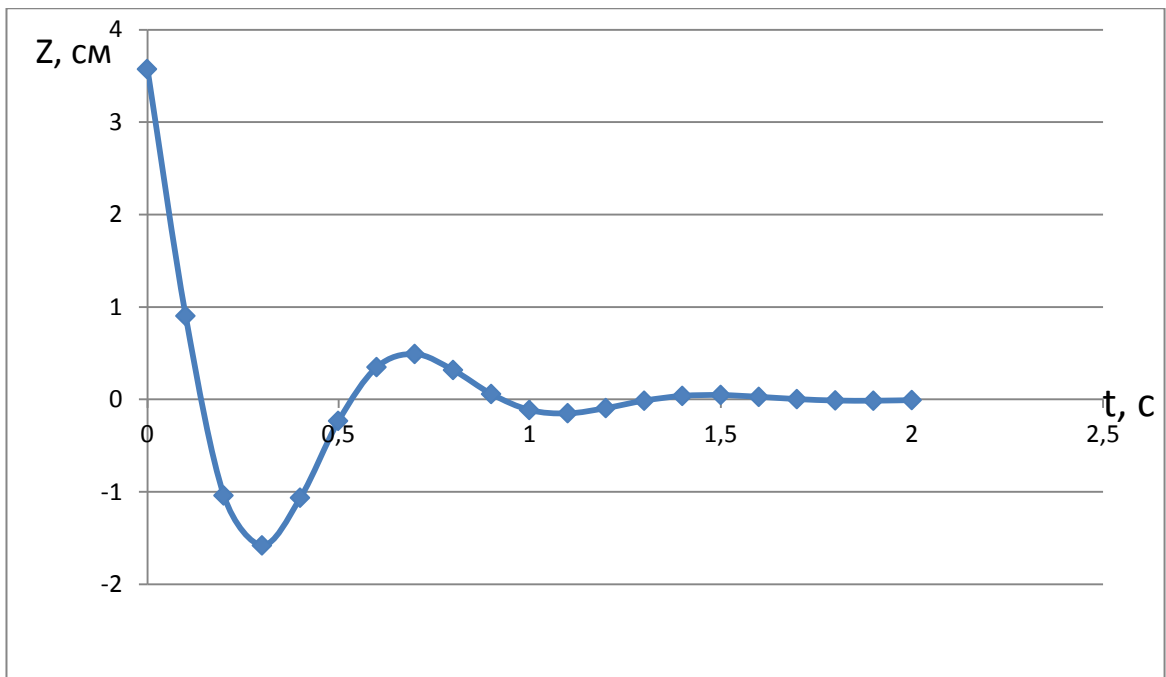


Рисунок 2.3-График собственных колебаний подрессоренной массы автомобиля при действии нагрузки на кузов сверху и его опускание

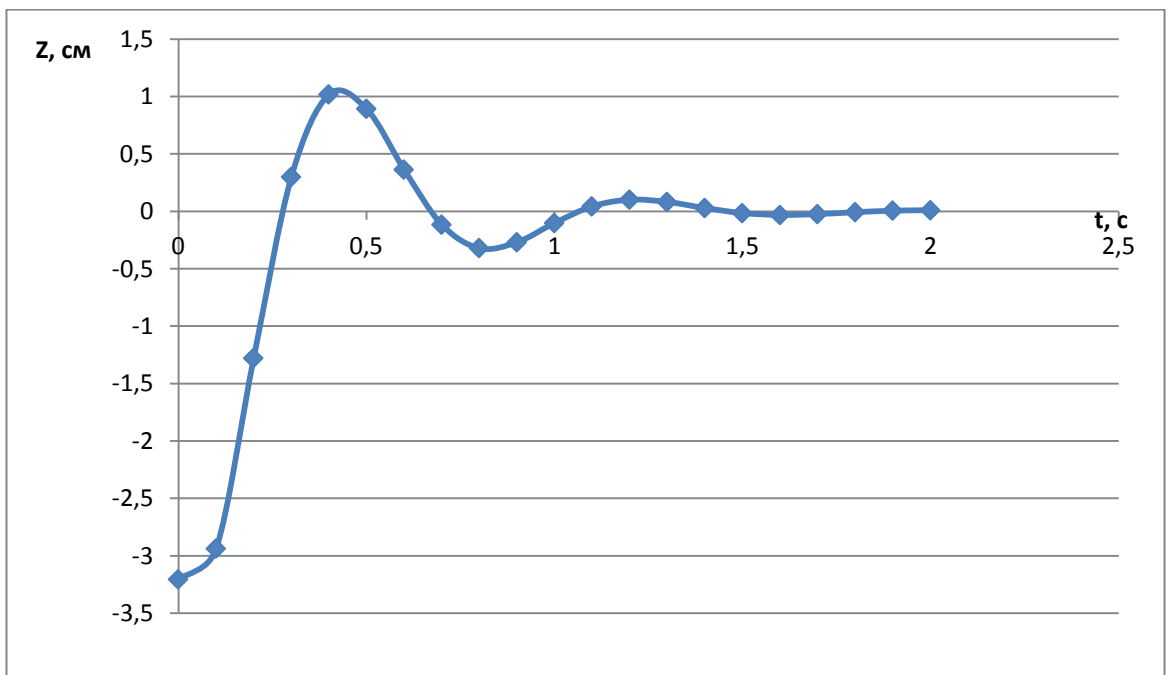


Рисунок 2.4-График собственных колебаний подрессоренной массы автомобиля при действии нагрузки на кузов снизу и его опускание

Из графиков рисунков 2.3,2.4 видно, что время периода колебаний составляет 0,85 сек.

$$T = 1.2 - 0.35 = 0.85\text{сек.}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.85} = 1.18 \text{ Гц}$$

$$\omega = 2\pi f = 2 \cdot 3.14 \cdot 1.18 = 7.41 \text{ с}^{-1}$$

$$\text{а, } \omega_0 = 7.98 \text{ с}^{-1}$$

отсюда

$$\frac{7.98 - 7.41}{7.98} = 0.07 * 100 = 7 \%$$

### **3 Экспериментальное исследование затухающих колебаний поддрессоренной массы легкового автомобиля**

Методика

проведения

испытания

Подготовительный этап:

1) С помощью секундомера определяется время вращения одного оборота барабана

2) Определяется размер и длина его окружности

3) Закрепляется миллиметровая бумага

Этап испытаний:

1) Стенд устанавливается у колеса передней или задней подвески автомобиля

2) На крыле кузова устанавливается верхняя часть системы рычагов

3) Включается электродвигатель

4) На вращающемся барабане проводится нулевая линия

5) К кузову в районе крыла прикладывается сверху усилие под действием которого кузов опускается. Усилие снимается.

6) Вызванные таким образом колебания поддрессоренной массы через систему рычагов фиксируются на миллиметровой бумаге вращающегося барабана.

7) Перемещение по оси абсцисс графики колебаний преобразуются во время

8) По известным формулам из «Теории колебаний» определяется частота колебаний поддрессоренной массы в кол/мин.

9) Делается вывод о плавности хода испытываемого автомобиля

10) При необходимости опыт повторяется. С пункта 1.



Барабан совершает 10 оборотов в течении 18 секунд, соответственно 1 оборот совершается за 1.8 секунд.

$$10 \text{ об.} - 18 \text{ с.}$$

$$t_1 - 1.8 \text{ с.}$$

Далее находим длину окружности барабана, радиус которого 0,0525 м.

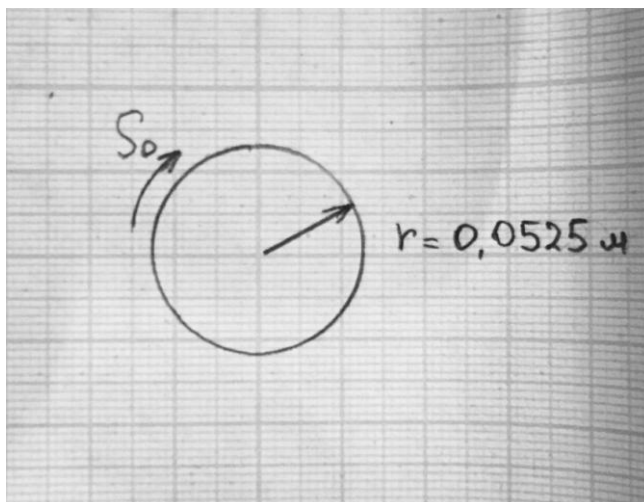


Рисунок 3.1-Радиус барабана

$$S_{\text{ок}} = 2\pi r = 3,14 * 2 * 0,0525 = 0,33 \text{ м} = 33 \text{ см.} \quad (3.1)$$

Находим период колебаний подрессоренной массы автомобиля

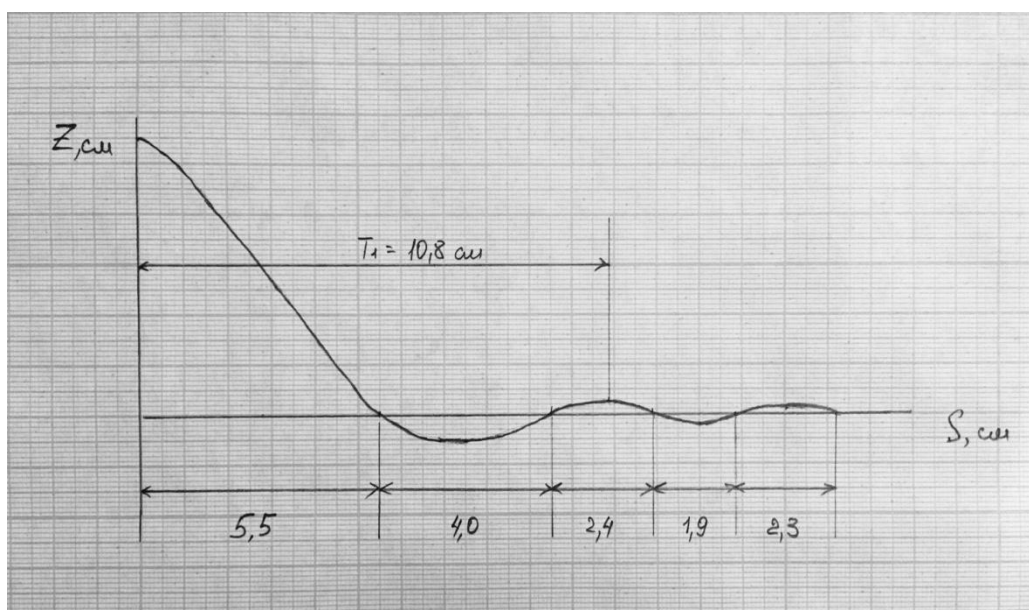


Рисунок 3.2- Период колебаний

$$t = \frac{t_1 * T_1}{S_{ok}} = \frac{1.8 * 10,8}{33} = 0,6 \text{ с.} \quad (3.2)$$

Переводим период колебаний в частоты

$$f = \frac{1}{t} = \frac{1}{0,6} = 1,7 \text{ Гц} \quad (3.3)$$

$$\omega = 2\pi f = 2 * 3.14 * 1.7 = 10,5 \text{ с}^{-1} \quad (3.4)$$

Затем переводим частоты в кол/мин

$$\omega = \frac{\pi n}{30}$$

$$n = \frac{30 * \omega}{\pi} = \frac{30 * 10,5}{3,14} = 100 \frac{\text{кол}}{\text{мин}} \quad (3.5)$$

Экспериментальным способом выяснил, что колебания поддресоренной массы легкового автомобиля соответствуют норме, которая варьируется от 60 до 120 колебаний.

Также были проведены испытания передней и задней осей как без нагрузки так и с нагрузкой поддресоренной массы легкового автомобиля LADA PRIORA, по результатам которых ниже представлены графики.

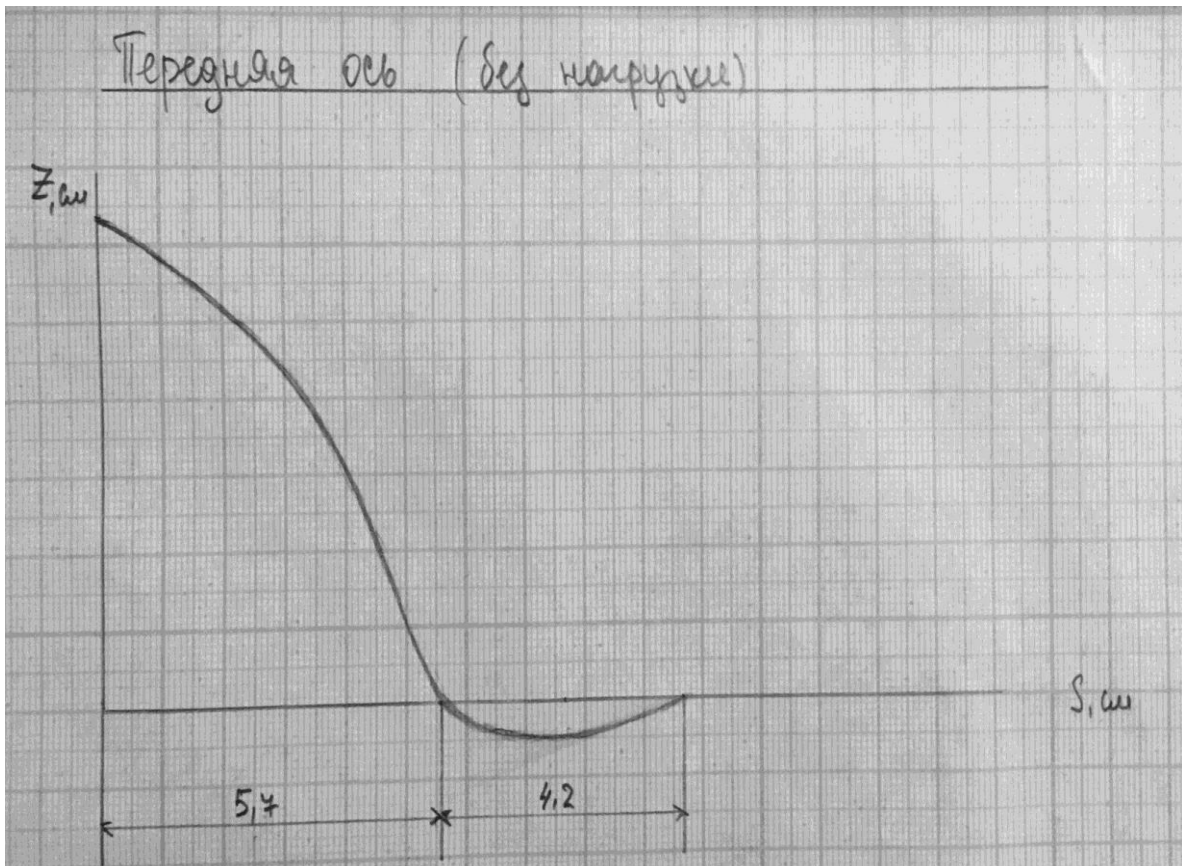


Рисунок 3.3- Передняя ось без нагрузки

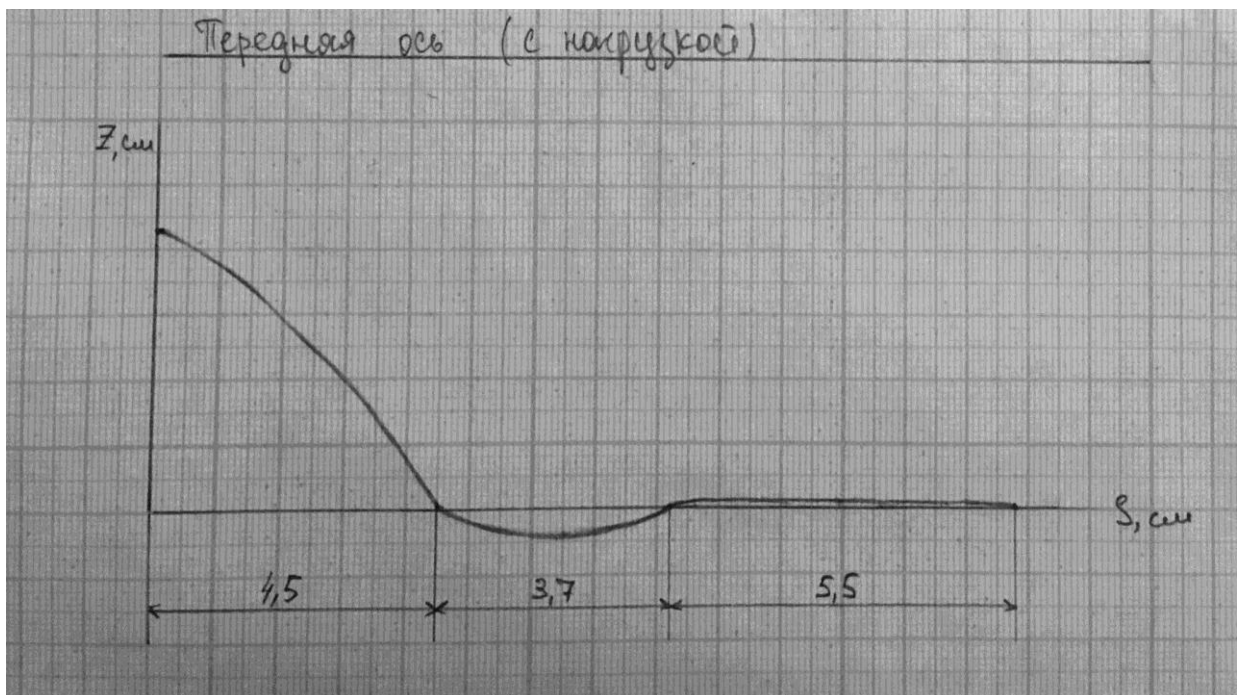


Рисунок 3.4- Передняя ось с нагрузкой

Расчеты по формулам 3.1-3.5 показали, что частота собственных колебаний передней ненагруженной подрессоренной массы равна 105 кол/мин, а нагруженной – 98 кол/мин.

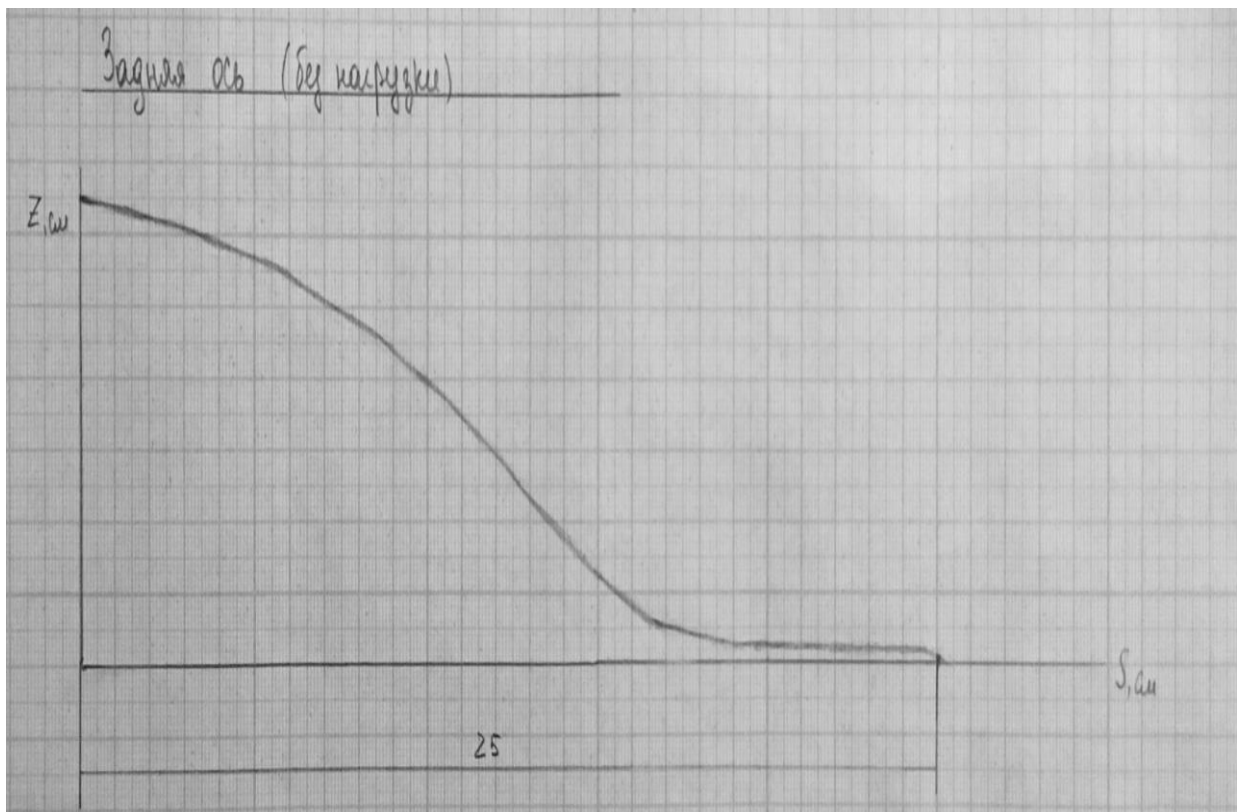


Рисунок 3.5- Задняя ось без нагрузки

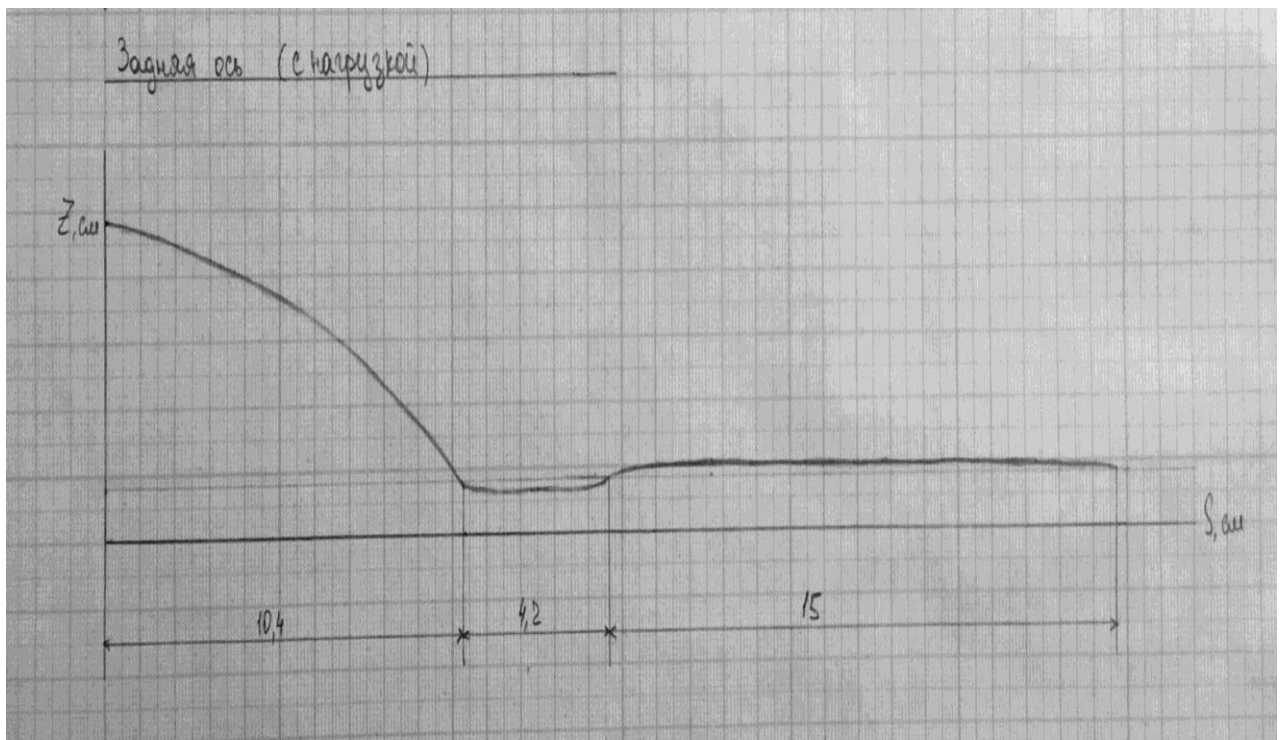


Рисунок 3.6- Задняя ось с нагрузкой

Из графиков, рисунок 3.5,3.6, видно, что колебания задней части поддресоренной массы имеют аперидический характер.

## 4 Тягово-динамический расчет автомобиля LADA

### PRIORA

Таблица 4.1- Данные для расчета:

Компоновочная схема автомобиля	Переднеприводный
Длина	4350мм
Ширина	1680мм
Высота	1420мм
Масса в снаряженном состоянии	1088кг
Шины	185/65 R14
Коэффициент сопротивления качению	0,012
Коэффициент аэродинамического сопротивления	0,32
Коэффициент уклона $i$	0,30
Максимальная скорость	180 км/ч

#### 4.1 Подготовка исходных данных для тягового расчета

Полная масса автомобиля:

$$m_a = m_0 + m_{\text{ч}} n + m_{\text{б}} \quad (4.1)$$

где -  $m_a$  – снаряженная масса автомобиля

$m_0$  – снаряженная масса автомобиля

$m_{\text{ч}}$  – 75 кг среднестатистический вес человека

$n$  – число пассажиров, включая водителя

$m_{\text{б}}$  – масса груза по 10 кг на 1 человека

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

Нагрузка по осям

Масса которая прикладывается на заднюю ось 40%

Масса которая прикладывается на переднюю ось 60%

$$m_1 = 1513 \cdot 0,60 = 907,8 \text{ кг} \gg [\text{http://bibliofond.ru}]$$

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

## «Подбор шин

$$r_{ст} = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H \quad (4.2)$$

где -  $d$  – посадочный диаметр шины

$\lambda_z$  – коэффициент вертикальной деформации, зависящий от типа шин

$$\frac{H}{B} = 0,65_{мм}$$

На дорогах с твердым покрытием  $r_{ст} \approx r_{д} \approx r_{к}$

$r_{д}$  – динамический радиус колеса

$r_{к}$  – радиус качения колеса

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

Коэффициент обтекаемости

$$k = \frac{c_x \cdot \rho}{2} \quad (4.3)$$

$\rho$  – плотность воздуха в нормальных условиях 760 мм.рт.ст

$$\rho = 1,293$$

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

Лобовая площадь

$$F = 0,8 \cdot B_{г} \cdot H_{г}$$

$$F = 0,8 \cdot 1,680 \cdot 1,420 = 1,9 \text{ м}^2 \text{»} [\text{http://bibliofond.ru}]$$

КПД трансмиссии автомобиля примем  $\eta_{тр} = 0,92$

Коэффициент сопротивления качению

$$f = f_0 \left( 1 + \frac{V^2}{2000} \right) \quad (4.4)$$

$f_0$  – «коэффициент сопротивления качению автомобиля с малой скоростью»

$V$  – скорость автомобиля в м/с

$$V = \frac{180 \cdot 1000}{3600} = 50 \text{ м/с} \quad [18]$$

$$f = 0,01 \left( 1 + \frac{50^2}{2000} \right) = 0,027$$

#### 4.2 Определение передаточного числа главной передачи

$$U_0 = \frac{r_k}{U_k} \cdot \frac{\omega_{max}}{V_{max}} \quad (4.5)$$

$\omega_{max}$  – максимальная угловая скорость коленчатого вала

$$n_{max} = 5600 \text{ « об/мин »}$$

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

$$U_k = 0,78$$

$$U_0 = \frac{0,276}{0,78} \cdot \frac{586,43}{50} = 4,15 \text{ - передаточное число главной передачи} \gg$$

#### 4.3 Расчет внешней скоростной характеристики

Мощность двигателя при максимальной скорости

$$N_v \gg [18] = \frac{1}{\eta_{тр}} \left( G_a \cdot \psi_v \cdot V_{max} + \frac{c_x \cdot \rho}{2} \cdot F \cdot V_{max}^3 \right) \quad (4.6)$$

$G_a = m_a \cdot g$  – полный вес автомобиля

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

$$\psi_v = f$$

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

$$= 75145 \text{ Вт}$$

Максимальная мощность двигателя» [<http://bibliofond.ru>]

$$N_{\max} = \frac{N_v}{a \cdot \lambda + b \cdot \lambda^2 - c \cdot \lambda^3} \quad (4.7)$$

$a, b, c$  – эмпирические коэффициенты

$$a = b = c = 1$$

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

Принимаем  $\lambda = 1,15$

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

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

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

Рассчитываем внешнюю скоростную характеристику

$$N_e = N_{\max} \left( a \cdot \frac{\omega_e}{\omega_N} + b \frac{\omega_e}{\omega_N}^2 - c \frac{\omega_e}{\omega_N}^3 \right) \quad (4.8)$$

«Для построения кривой эффективного момента двигателя применим формулу:



$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e} \quad (4.9)$$

Выбрав 7 значений в диапазоне  $\omega_{min} \dots \omega_{max}$ , рассчитаем зависимости  $N_e$   $\omega_e$  и  $M_e$   $\omega_e$ . Результаты расчётов сводим в таблицу.

Таблица 4.2» [15] Результаты расчета зависимости

<b>n, об/мин</b>	<b>800</b>	<b>1600</b>	<b>2400</b>	<b>3200</b>	<b>4000</b>	<b>4800</b>	<b>5600</b>
w	83,78	167,55	251,33	335,1	418,88	502,66	586,43
$N_e$	14754,7 2	31669,1 9	48646,5 2	63582,1 1	74378,6 2	78932,9 7	75145, 1
M	176,11	189,01	193,55	189,74	177,57	157,03	128,14

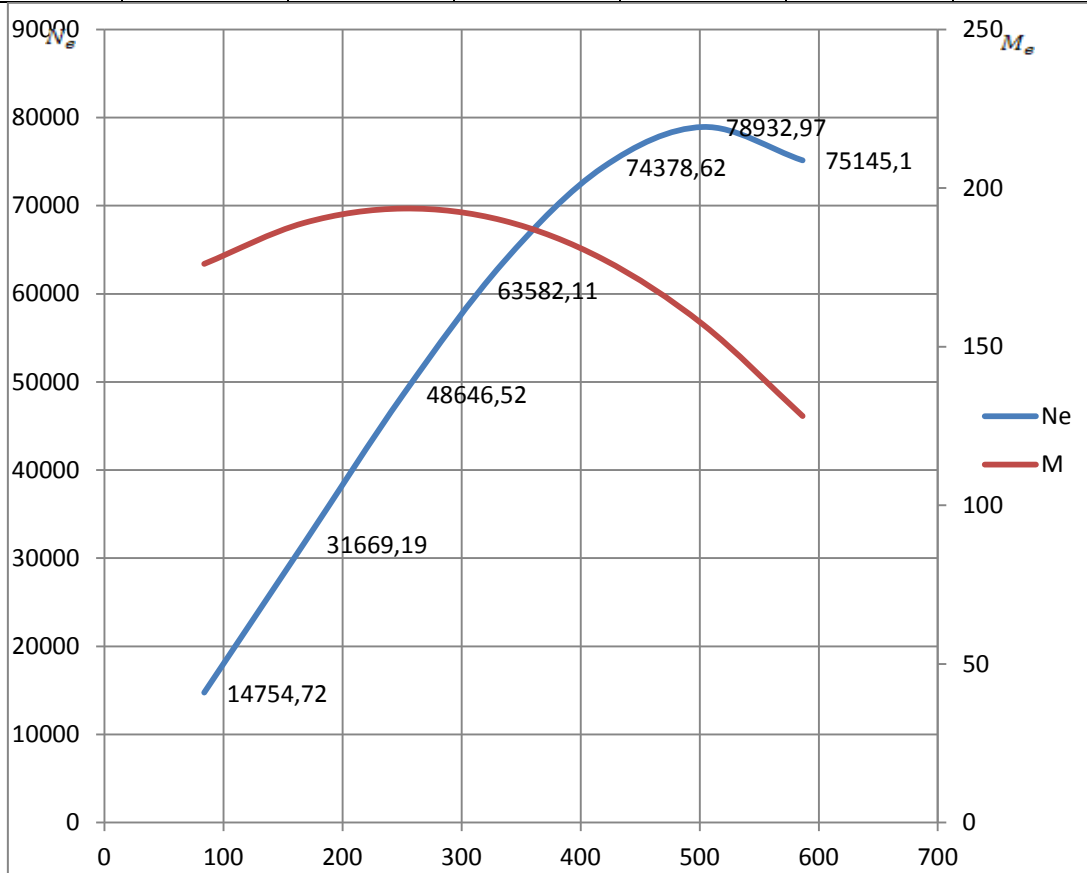


Рисунок 4.1 Внешняя скоростная характеристика двигателя

#### 4.4 Определение передаточных чисел коробки передач

Определим передаточное число первой передачи

$$\frac{M_{\max} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot U_0 \cdot U_1}{r_k} \geq G_a \cdot \psi_{\max}, \quad \text{или } U_1 \geq \frac{G_a \cdot \psi_{\max} \cdot r_k}{M_{\max} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot U_0} \quad (4.10)$$

Для того чтобы предотвратить прокручивание ведущих колес нужно сделать так, чтобы сила первой передачи была не больше той, которая образуется в результате соприкосновения колеса с дорогой.

$$\frac{M_{\max} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot U_0 \cdot U_1}{r_k} \leq G_{\text{сц}} \cdot \varphi, \quad \text{или } U_1 \leq \frac{G_{\text{сц}} \cdot \varphi \cdot r_k}{M_{\max} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot U_0} \quad (4.11)$$

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

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

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

Примем  $U_1 = 2,0$

Передаточные числа для пятиступенчатой коробки передач

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

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

$$U_4 = 1$$

$$U_5 = 0,78$$

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

Произведем расчет скорости автомобиля для каждой передачи» [19]

$$V = \frac{r_k \cdot \omega_e}{U_0 \cdot U_n} \quad (4.12)$$

$U_n$  — передаточное число коробки передач

$\omega_e$  – текущие значения угловой скорости вала

Таблица 4.3-Расчет скорости автомобиля

n, об/мин	I	II	III	IV	V
800	2,79	3,50	4,46	5,57	7,14
1600	5,57	7,01	8,91	11,14	14,29
2400	8,36	10,51	13,37	16,71	21,43
3200	11,14	14,02	17,83	22,29	28,57
4000	13,93	17,52	22,29	27,86	35,72
4800	16,71	21,03	26,74	33,43	42,86
5600	19,50	24,53	31,20	39,00	50,00

#### 4.5 Тяговый баланс автомобиля

Уравнение тягового баланса

$$P_T = P_d + P_v + P_i \quad (4.13)$$

$P_T$  – «сила тяги

$P_d$  – сила дорожного сопротивления

$P_v$  – сила сопротивления воздуха

$P_i$  – сила сопротивления разгону автомобиля

Сила тяги на ведущих колесах для каждой передачи рассчитывают по формуле» [15]:

$$P_T = \frac{U_k \cdot U_0 \cdot M_e \cdot \eta_{TP}}{r_k} \quad (4.14)$$

$U_k$  – «передаточное число коробки передач

$M_e$  – величина эффективного момента двигателя (Нм)

Сила сопротивления дороги» [15]

$$P_d = G_a \cdot \psi \quad (4.15)$$

$$\psi = i + f, \text{ т.е.}$$

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

Сила сопротивления воздуха

$$P_B = \frac{c_x \cdot \rho \cdot F \cdot V^2}{2} \quad (4.16)$$

Рассчитаем тяговую силу на ведущих колесах автомобиля. Результаты расчетов сводим в таблицу.

Таблица 4.4-Тяговая сила

н, об/мин	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>
800	4872	3874	3045	2436	1900
1600	5229	4157	3268	2615	2039
2400	5355	4257	3347	2677	2088
3200	5249	4173	3281	2625	2047
4000	4913	3906	3070	2456	1916
4800	4344	3454	2715	2172	1694
5600	3545	2818	2216	1773	1399

Рассчитываем силу сопротивления воздуха и силу дорожного сопротивления.

Таблица 4.5-Сила сопротивления

н, об/мин	<b><math>P_B</math></b>	<b><math>P_d</math></b>	
800	20	178	198
1600	82	193	275
2400	183	223	406
3200	326	252	578
4000	509	297	806
4800	733	341	1074
5600	998	401	1399

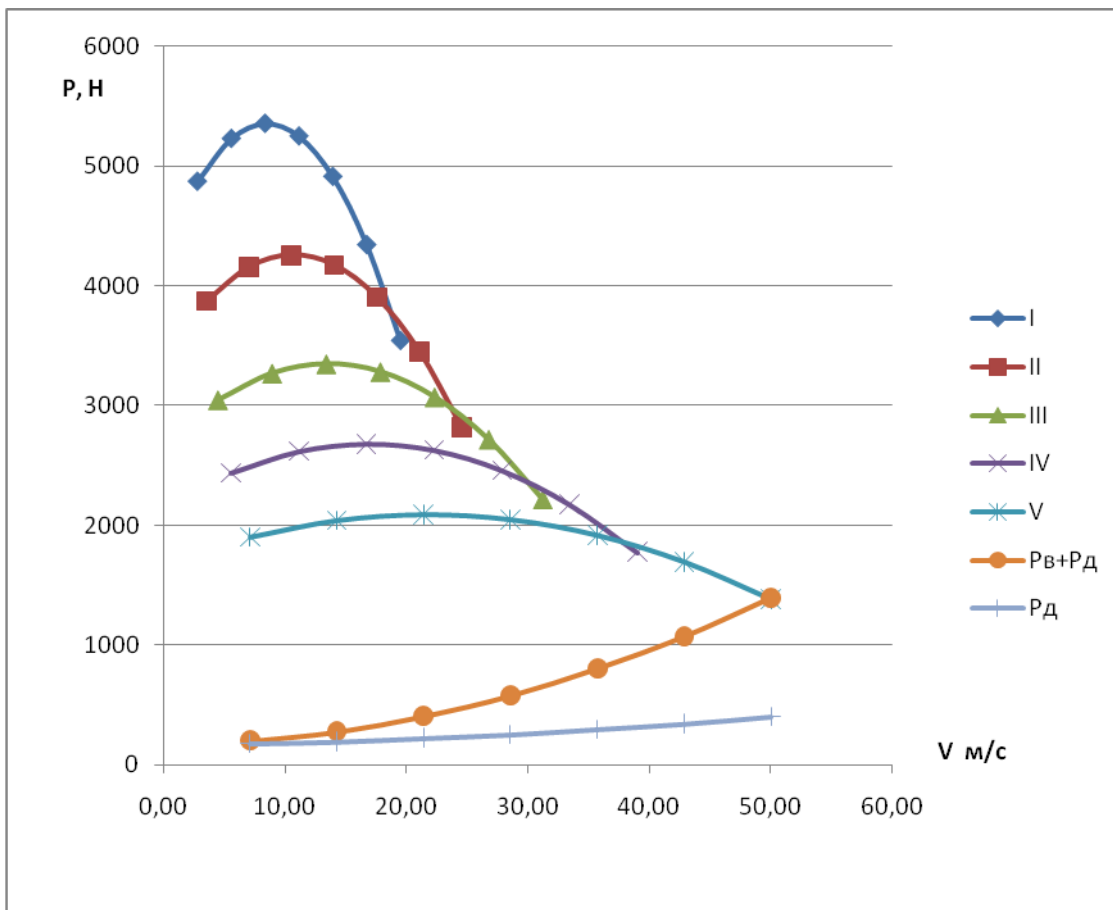


Рисунок 4.2-Тяговый баланс автомобиля

Необходимо путем аналитического расчета посчитать сопротивление воздуха на всех передачах и составить таблицу.

Таблица 4.6-Сопротивление воздуха

<b>I</b>	$P_{\text{в}}$	<b>II</b>	$P_{\text{в}}$	<b>III</b>	$P_{\text{в}}$	<b>IV</b>	$P_{\text{в}}$	<b>V</b>	$P_{\text{в}}$
2,79	3	3,50	5	4,46	8	5,57	12	7,14	20
5,57	12	7,01	20	8,91	32	11,14	50	14,29	82
8,36	28	10,51	44	13,37	71	16,71	111	21,43	183
11,14	50	14,02	78	17,83	127	22,29	198	28,57	326
13,93	77	17,52	122	22,29	198	27,86	310	35,72	509
16,71	111	21,03	176	26,74	285	33,43	446	42,86	733
19,50	152	24,53	240	31,20	388	39,00	607	50,00	998

## 4.6 Динамическая характеристика автомобиля

Динамический фактор на соответствующей передаче

$$D = \frac{P_T - P_B}{G_a} \quad (4.17)$$

$P_B$  – сила сопротивления воздуха

$P_m$  –тяговая сила на ведущих колесах автомобиля

$G_a$  – полный вес автомобиля

Рассчитаем динамический фактор на каждой передаче.

Таблица 4.7-Динамических фактор

n, об/мин	I	II	III	IV	V
800	0,328	0,261	0,205	0,163	0,127
1600	0,351	0,279	0,218	0,173	0,132
2400	0,359	0,284	0,221	0,173	0,128
3200	0,350	0,276	0,212	0,163	0,116
4000	0,326	0,255	0,194	0,145	0,095
4800	0,285	0,221	0,164	0,116	0,065
5600	0,229	0,174	0,123	0,079	0,026

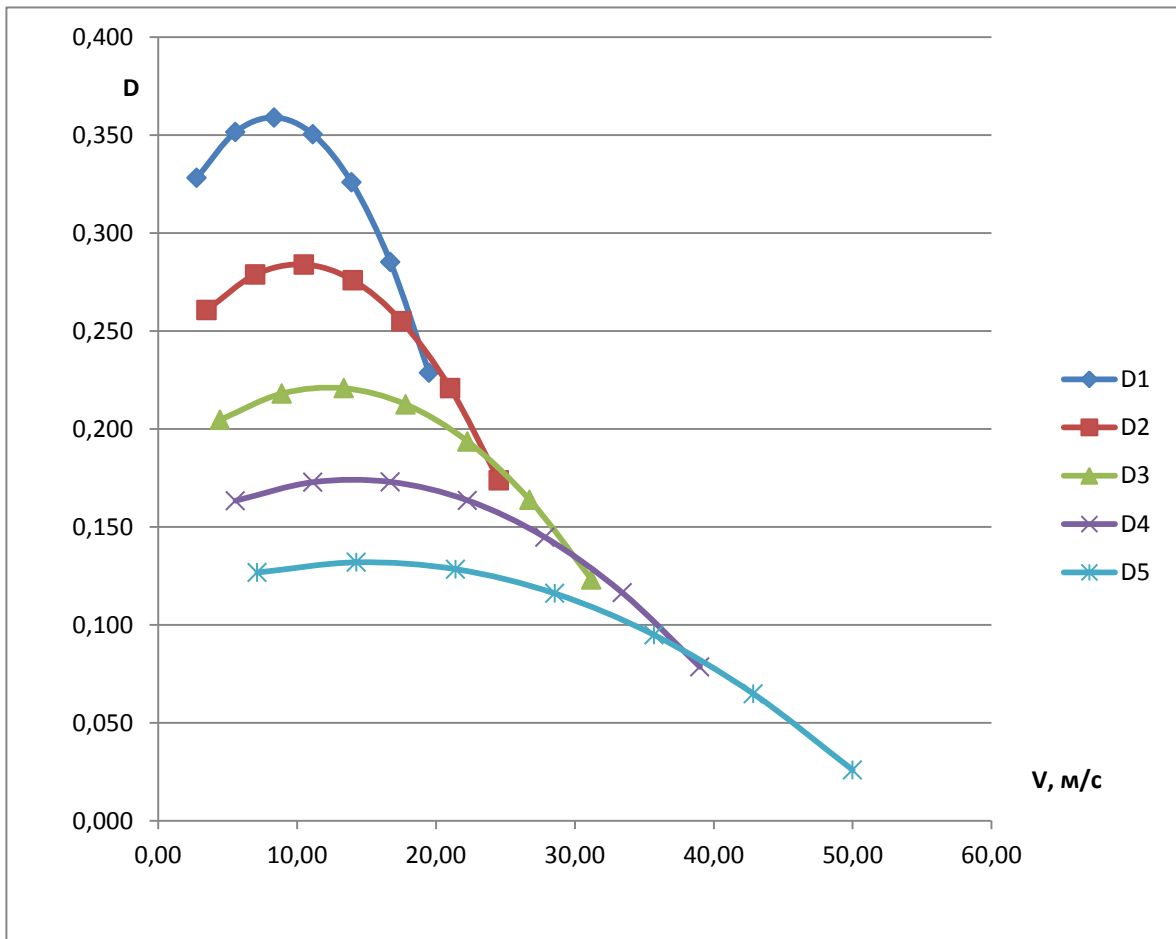


Рисунок 4.3-Динамический фактор

#### 4.7 Разгон автомобиля

Для того чтобы найти ускорения автомобиля по ровному нескользящему покрытию необходимо максимально использовать мощность двигателя и исключить скольжение ведущих колес

$$J = \frac{D - f \cdot g}{\delta_{вр}} \quad (4.18)$$

$\delta_{вр}$  – коэффициент учета вращающихся масс

$$\delta_{вр} = 1 + \frac{I_M \cdot \eta_{тр} \cdot U_{тр}^2 + I_k \cdot g}{G_a \cdot r_k^2} \quad (4.19)$$

$I_M$  – «момент инерции вращающихся частей двигателя»

$U_{\text{тр}} = U_0 \cdot U_K$  – передаточное число трансмиссии

$I_K$  – суммарный момент инерции ведущих колес

Определим коэффициент вращающихся масс по формуле» [15]:

$$\delta_{\text{вр}} = 1 + \delta_1 + \delta_2 \cdot U_K^2 \quad (4.20)$$

$\delta_1$  – коэффициент учета вращающихся масс колес

$\delta_2$  – коэффициент учета вращающихся масс двигателя

Примем  $\delta_1 = \delta_2 = 0,04$

Рассчитаем коэффициент вращающихся масс на каждой передаче

Таблица 4.8- Коэффициент вращающихся масс

<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>
1,20	1,14	1,10	1,08	1,06

Коэффициент сопротивления качению на каждой передаче

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

$$f_0 = 0,012$$

Таблица 4.9-Сопротивлению качению

n, об/мин	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>
800	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
1600	0,012	0,012	0,012	0,013	0,013
2400	0,012	0,013	0,013	0,014	0,015
3200	0,013	0,013	0,014	0,015	0,017
4000	0,013	0,014	0,015	0,017	0,020
4800	0,014	0,015	0,016	0,019	0,023
5600	0,014	0,016	0,018	0,021	0,027



Рассчитаем ускорения автомобиля на каждой передаче, а результаты сведем в таблицу.

Таблица 4.10-Ускорения автомобиля

п, об/мин	I	II	III	IV	V
800	2,58	2,14	1,71	1,37	1,05
1600	2,77	2,29	1,83	1,45	1,09
2400	2,83	2,33	1,85	1,45	1,05
3200	2,76	2,26	1,77	1,35	0,91
4000	2,56	2,07	1,59	1,16	0,69
4800	2,22	1,77	1,31	0,89	0,38
5600	1,75	1,36	0,94	0,52	0,16

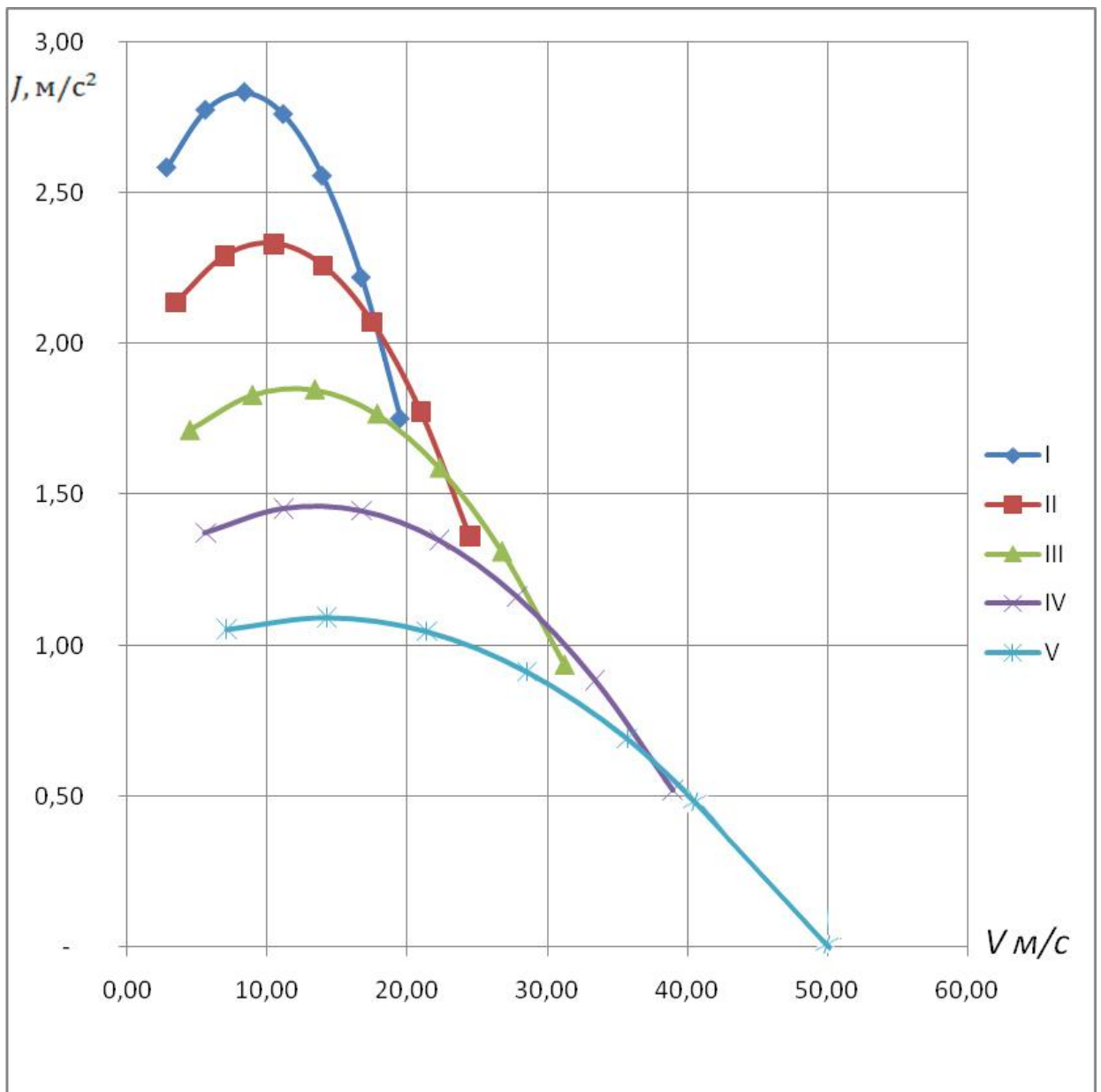


Рисунок 4.4-Ускорения автомобиля

«Рассчитаем обратные ускорения

Поскольку при скоростях близких к максимальной ускорение стремится к нулю, то для расчёта обратных ускорений ограничиваются скоростью

$V=(0,8\dots 0,9)V_{\max}$  .» [15]

Таблица 4.11-Результаты расчета обратного ускорения

$n$ , об/мин	I	II	III	IV	V
800	0,39	0,47	0,58	0,73	0,95
1600	0,36	0,44	0,55	0,69	0,91
2400	0,35	0,43	0,54	0,69	0,95
3200	0,36	0,44	0,57	0,74	1,10

Продолжение таблицы 4.11 - Результаты расчета обратного ускорения

n, об/мин	I	II	III	IV	V
4000	0,39	0,48	0,63	0,86	1,44
4800	0,45	0,56	0,76	1,13	2,60
5600	0,57	0,74	1,07	1,92	5,00

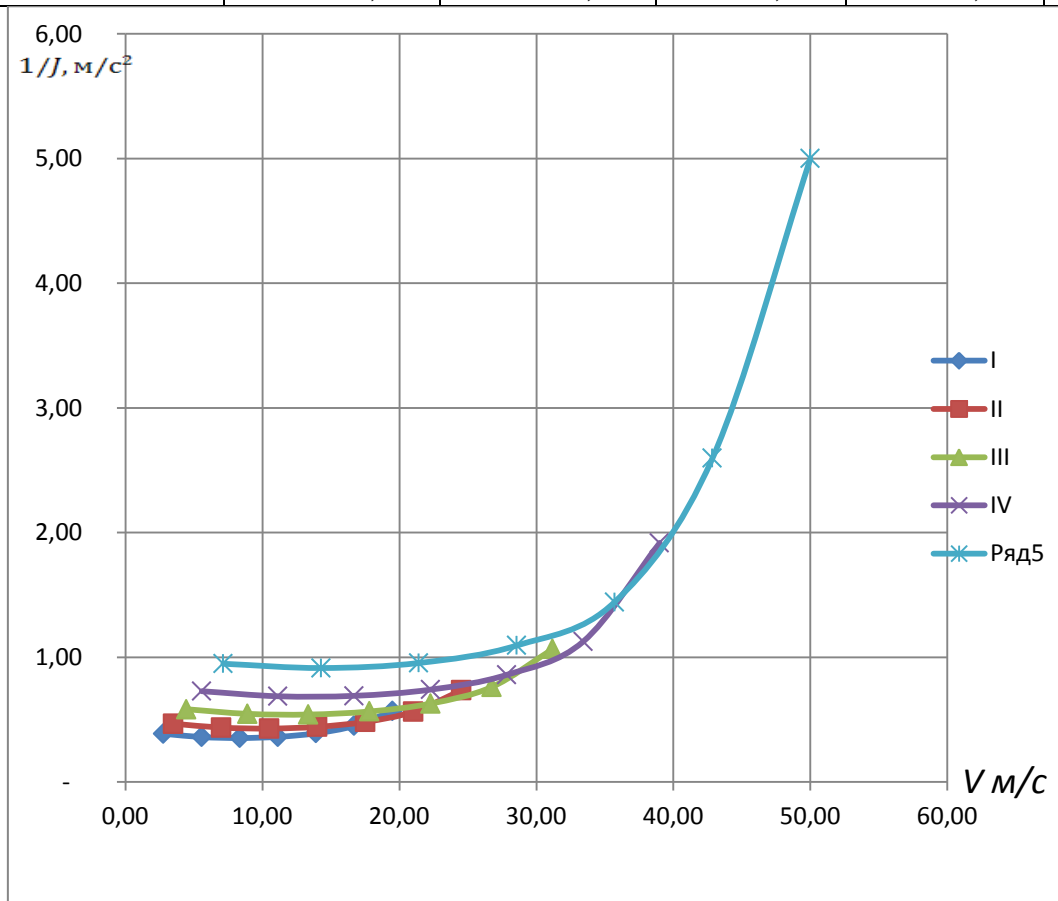


Рисунок4.5 -Обратные ускорения автомобиля

#### 4.8 Время и путь разгона автомобиля

Для того чтобы определить путь, а также время разгона автомобиля необходимо применить способ, который называется графоаналитическим.

«Интегрирование заменяем суммой конечных величин.

$$v_{\text{мин}} = 2,79 \text{ м с}$$

$$v_{\text{макс}} = 50 \text{ м с} \text{ [18]}$$

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

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

«Определим из графика обратных ускорений величину  $1/J$

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

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

$$t = 0,45 \cdot 5,90 + 3,84 = 6,49 \text{ с} \gg [15]$$

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

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

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

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

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

Таблица 4.12-Время и путь разгона

Диапазон скоростей, м/с	Время, с	
0 - 8,69	2,07	0,35
0 - 14,59	3,84	0,3
0 - 20,49	6,49	0,45
0 - 26,40	10,62	0,7
0 - 32,30	17,11	1,1
0 - 38,20	27,74	1,8
0 - 44,10	45,14	2,95
0 - 50,00	74,65	5

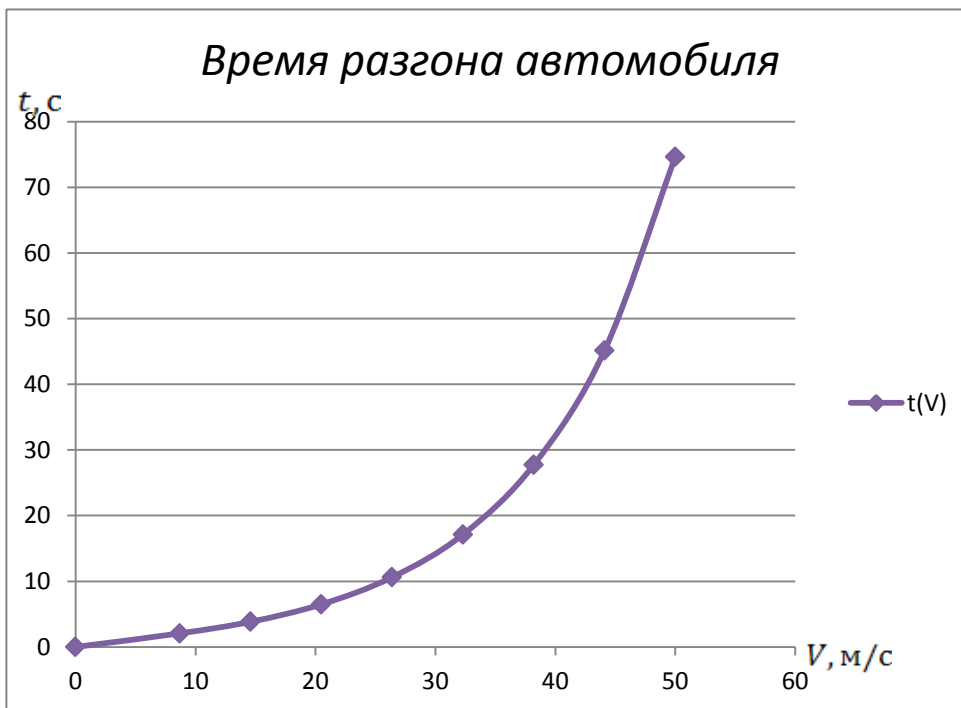


Рисунок 4.6-Время разгона автомобиля

$$\ll v_{cp} = \frac{8,69}{2} = 4,35 \text{ м/с}$$

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

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

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

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

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

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

$$v_{cp} \gg [18] = \frac{(50,0 - 44,10)}{2} + 44,10 = 47,05 \text{ м/с}$$

$t$  возьмем из таблицы

$$S = v_{cp} \cdot \Delta t$$

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

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

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

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

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

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

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

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

Таблица 4.13-Время и путь разгона

$v$ , м/с	S, м	Время, с
0 - 8,69	9	2,07
0 - 14,59	29,6	3,84
0 - 20,49	76,1	6,49
0 - 26,40	172,9	10,62
0 - 32,30	363,4	17,11
0 - 38,20	738,1	27,74
0 - 44,10	1454,1	45,14
0 - 50,00	2842,5	74,65

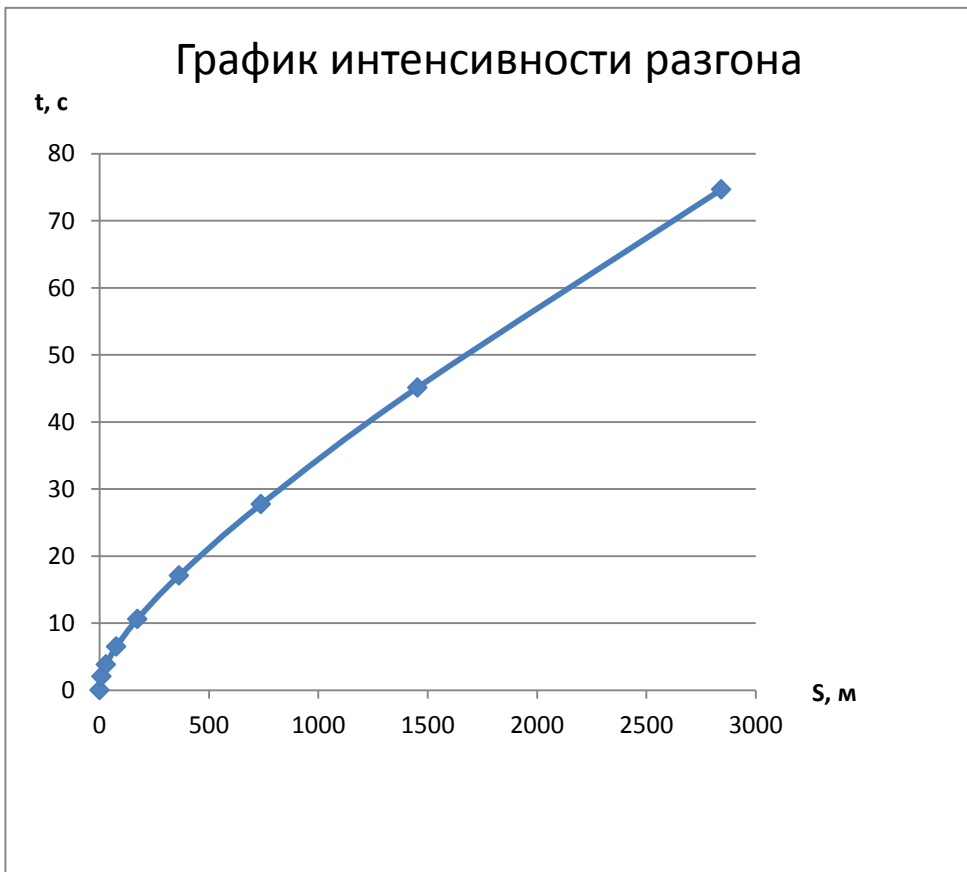


Рисунок 4.7,4.8, Путь разгона автомобиля, график интенсивности разгона

## 4.9 Мощностной баланс автомобиля

Уравнение мощностного баланса

$$N_T = N_e - N_{тр} = N_f + N_{п} + N_B + N_{и} \quad (4.21)$$

$N_T$  – «тяговая мощность, или мощность подводимая к ведущим колесам

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

$N_f = P_f \cdot V$  – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивлению качения колес

$N_{п} = P_{п} \cdot V$  – мощность, затрачиваемая на преодоление сил сопротивления подъему

$N_B = P_B \cdot V$  – мощность, затраченная на преодоление силы сопротивления воздуху

$N_{и} = P_{и} \cdot V$  – мощность, затраченная на преодоление силы сопротивления инерции

$N_d = P_d \cdot V = N_f + N_{п}$  – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления дороги

Составим таблицу

Таблица» [15] 4.14-Мощностной баланс

$v, м\ с$	7,14	14,29	21,43	28,57	35,72	42,86	50,00
$N_e, кВт$	14754,72	31669,19	48646,52	63582,11	74378,62	78932,97	75145,1
$N_m, кВт$	13574,34	29135,65	44754,80	58495,54	68428,33	72618,33	69133,49
$N_g, кВт$	142,87	1171,45	3921,59	9314,48	18179,16	31415,55	49901,44
$N_d, кВт$	1272,32	2756,48	4771,05	7209,29	10602,13	14631,16	20038,08
$N_g + N_d$	1415,18	3927,94	8692,64	16523,77	28781,29	46046,71	69939,52
$(N_g + N_d)/N_m$	0,10	0,13	0,19	0,28	0,42	0,63	1,01



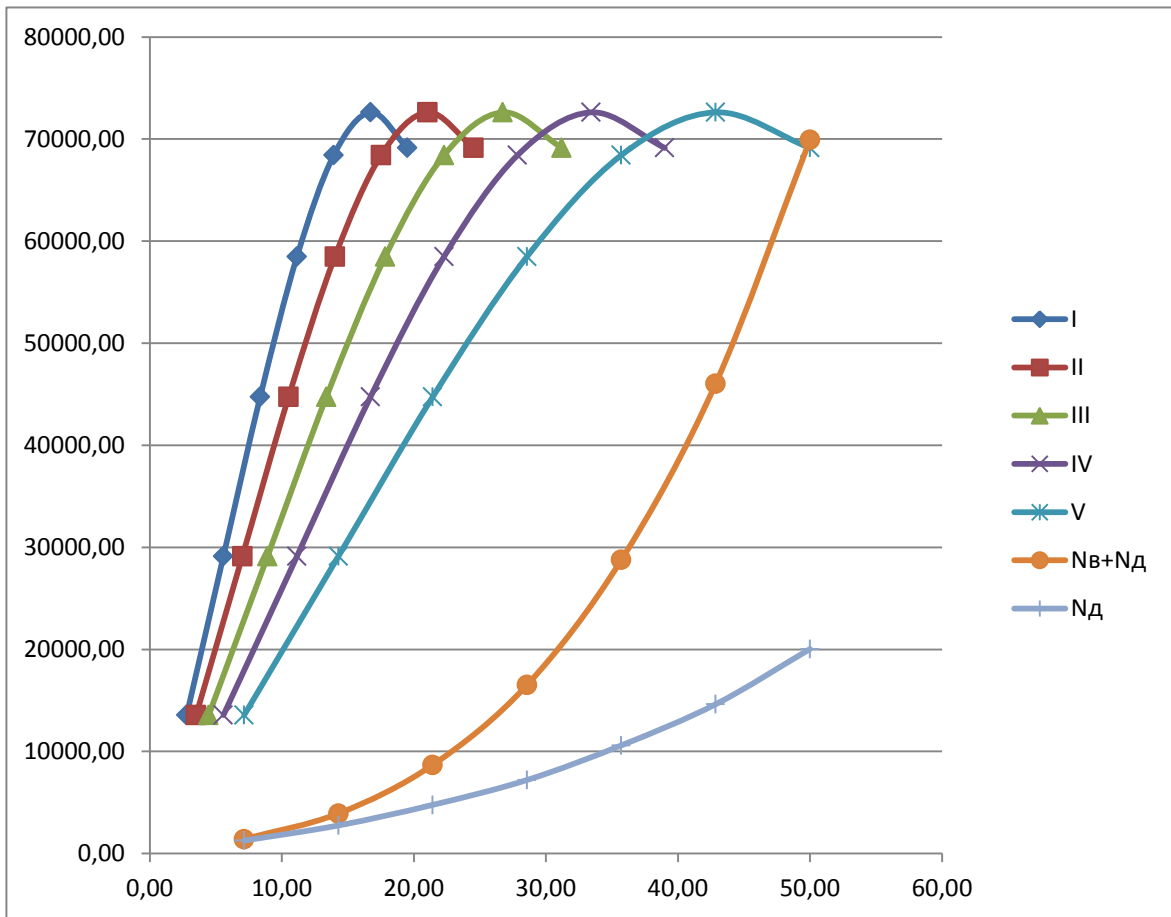


Рисунок 4.9-Мощностной баланс автомобиля

#### 4.10 Топливо-экономическая характеристика

$$q_{\Pi} = \frac{k_{\text{СК}} \cdot k_{\text{и}} \cdot P_{\text{д}} + P_{\text{и}} \cdot g_{\text{emin}} \cdot 1,1}{36000 \cdot \rho_{\text{т}} \cdot \eta_{\text{тр}}} \quad (4.22)$$

$k_{\text{СК}}$  — коэффициент учитывающий изменение эффективного расхода топлива в зависимости от  $\omega$

$k_{\text{и}}$  — коэффициент учитывающий изменение эффективного расхода топлива в зависимости от  $N$

$g_{\text{emin}}$  — минимальный эффективный расход топлива

Принимаем равным 340 г/кВт ч

$\rho_{\text{т}}$  — плотность топлива

Принимаем равной 0,72 кг/л

Коэффициенты  $k_{\text{СК}}$  и  $k_{\text{и}}$  определяем по графикам

Таблица» [15] 4.10.1

Таблица 4.15 – Топливо-экономическая характеристика

$V, \text{ м/с}$	7,14	14,29	21,43	28,57	35,72	42,86	50,00
$\omega_e/\omega_N$	0,16	0,33	0,49	0,66	0,82	0,99	1,15
$k_{ck}$	1,12	1,03	0,99	0,97	0,96	1,01	1,11
$(N_g + N_d)/N_m$	0,10	0,13	0,19	0,28	0,42	0,63	1,01
$k_u$	2,50	2,45	2,00	1,55	1,25	0,95	1,00
$q_n$	8,70	10,88	12,60	13,64	15,17	16,17	24,35

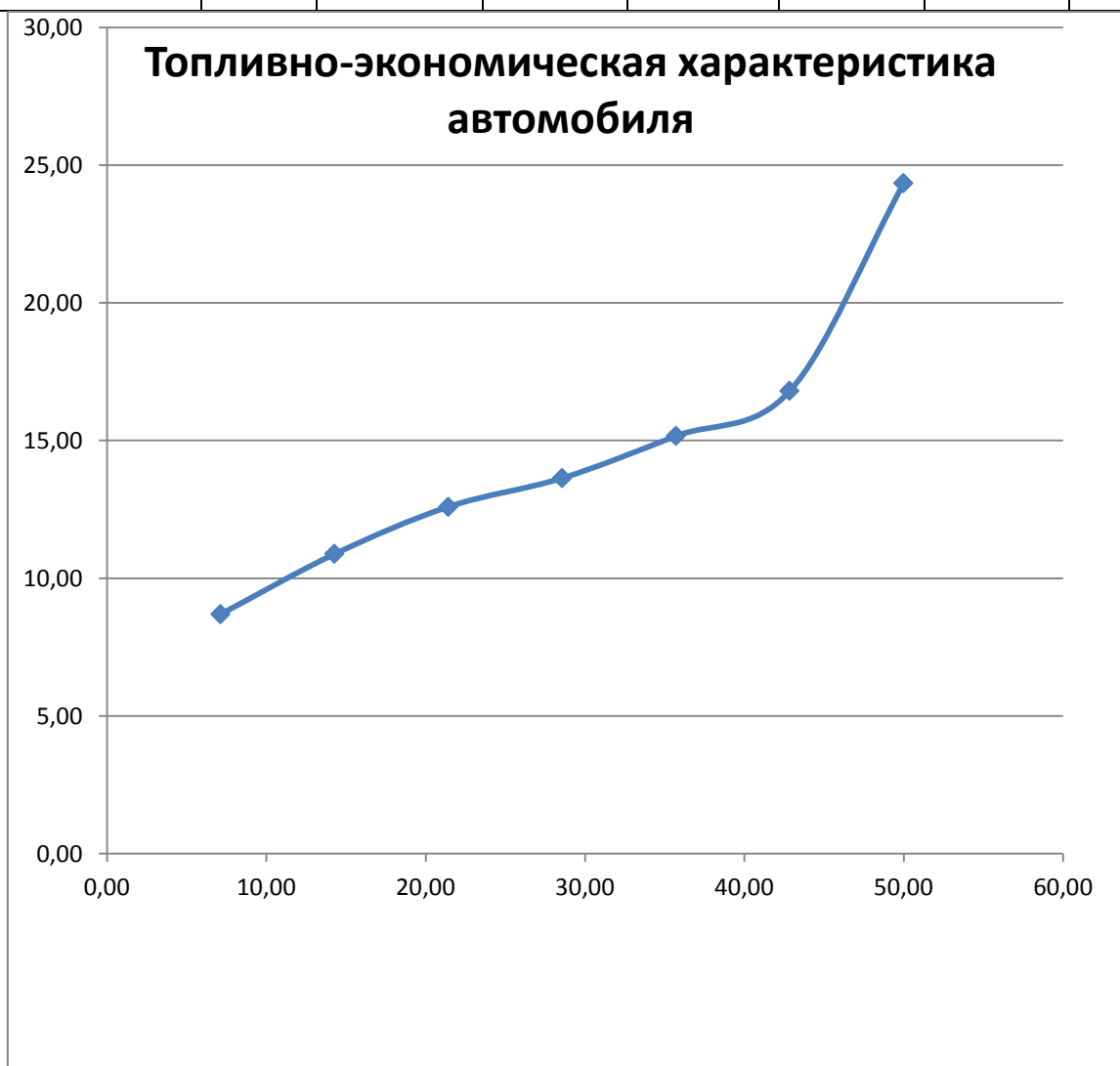


Рисунок 4.10-Топливо-экономическая характеристика автомобиля

## 5 Безопасность и экологичность проекта

«Источниками» [<http://dlib.rsl.ru>] «транспортного дискомфорта (для водителя и пассажиров) являются колебания и вибрации, возникающие в процессе движения автомобиля. Они рассматриваются в рамках группового свойства - плавности хода.

При движении автомобиля возникают колебания, обусловленные неуравновешенными силовыми воздействиями в узлах и агрегатах автомобиля, а также внешним переменным воздействием от неровностей дорожного покрытия. Эти колебания передаются на кузов автомобиля и через дорожное покрытие и грунт - на элементы придорожного пространства. Воздействие вибраций можно рассматривать по аналогии с шумом в двух аспектах: воздействие на водителя и пассажиров автомобиля и воздействие на» [<http://referat.kulichki.net>] «окружающие объекты.

По способу передачи на человека различают общую и локальную вибрации. Общая вибрация передается через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека и вызывает сотрясение всего организма; локальная вибрация передается через руки человека. Водитель автомобиля одновременно подвергается воздействию общей и локальной вибрации, а пассажир и пешеход, находящийся рядом с проезжей частью, - общей.

Оценка плавности хода связана с наличием частотной и амплитудной чувствительности различных органов человека, особенно при экстремальных виброускорениях во время движения автомобиля.

Согласно нормативным документам экспериментально оцениваются значения вертикальных, продольных и поперечных виброускорений, которые сопоставляются с техническими нормами для каждого вида АТС.

Нормы общей вибрации установлены в октавных диапазонах со среднегеометрическими частотами» [<http://referat.kulichki.net>] 2; 4; 8; 16; 31,5; 63 «Гц, а локальной вибрации - 16; 32; 63; 125; 250; 500; 1000 Гц.

В автомобиле вибрации низкой частоты возникают при взаимодействии колес с дорогой, и параметры колебаний являются случайными. Уровень вибрации в основном определяется скоростью движения, ровностью дорожного покрытия, конструктивными особенностями подвески автомобиля и его техническим состоянием. Колебания автомобиля по всем параметрам близки к параметрам колебаний отдельных органов человека, поэтому вибрация оказывает отрицательное влияние на те органы человека, частоты колебаний которых совпадают с частотой вибрации автомобиля.

При проектировании подвески автомобиля стараются обеспечить такую плавность хода, при которой уровни вибрации не превышают порога снижения комфортности или порога производительности труда, а частота колебаний кузова находится в диапазоне 1,5 . 2,5 Гц.

Наименьший уровень вибрации, источником которой является взаимодействие колес с дорогой, наблюдается при размещении водителя и пассажиров внутри автомобиля на площади, ограниченной колесной базой. Такое размещение принято практически для всех легковых автомобилей. Для водителей грузовых автомобилей с компоновкой кабины над двигателем и автобусов вагонного типа необходимо применение сиденья с поддрессориванием.

Вибрации, возникающие при движении автомобиля, не только воздействуют на водителя и пассажиров, но и передаются через дорожное покрытие в окружающее пространство. Исследования показывают, что они могут превышать допустимый для человека уровень на удалении от проезжей части до 10м.

Для предотвращения воздействия вибрации на организм человека применяются различные виброгасительные и демпфирующие устройства и системы:

- 1) Подвеска автомобиля;
- 2) Автомобильные шины;

- 3) Карданной передачи и других агрегатов;
- 4) Сиденья водителя, членов экипажа, пассажиров;

Все перечисленные устройства и системы в качестве основных элементов, снижающих амплитуды вибраций и ударных воздействий, а также изменяющих частоту колебательных процессов в диапазоне, приемлемом для нормальных ощущений человека, используют металлические (рессоры, пружины, торсионы), резиновые, гидравлические, пневматические и комбинированные *упругие элементы*. Для гашения колебаний и вибраций используют *амортизаторы* гидравлического типа, а также поглощение энергии колебаний за счет *гистерезисного трения* в упругих элементах, шарнирах и сайлент-блоках.

Как правило, производители автомобильных шин учитывают то, что они «влияют на колебания автомобиля. И, для того, чтобы появилось улучшение плавности хода автомобиля, конечно же, имеет место быть целесообразности, производить шины жесткости, меньшей» [25], чем обычно. Увеличивая профиль, понижая воздуха давление, уменьшают жесткость шин.

В автомобильной подвеске, чтобы получить значение, близкое к «единице, как правило, применяют подвеску, которую называют независимой, она же в свою очередь позволяет получить желаемое соотношение статистических прогибов. По результатам испытаний, галопирования практически не происходит из-за того, что перемещение кузова происходит параллельно. Соответственно, независимая подвеска сложна в применении, и так же усложняется конструкция привода колес. В следствие этого, как правило, для передних колес, в основном, применяют независимую подвеску» [25]. Но необходимо заметить, что большого класса автомобили зачастую применяют все чаще для задней оси независимую подвеску.

В составной части конструкции автомобиля, а в частности, пружины могут быть задействованы в независимой подвеске в роли упругого элемента,

но, как показывает практика, все чаще применяют пневмоэлементы, а торсионы уходят в прошлое. Для рассеивания энергии колебаний автомобиля в подвесках устанавливают амортизаторы. На современных автомобилях наибольшее применение находят гидравлические телескопические амортизаторы двустороннего действия. Амортизатор проектируют таким образом, чтобы создаваемая им сила сопротивления была пропорциональна скорости деформации подвески.

## **6 Экономическое обоснование и эффективность**

### **6.1 Краткая характеристика сравниваемых вариантов**

Стенд для определения собственных колебаний поддрессоренной массы легкового автомобиля. Устройство в виде стационарного стенда. Рама сваривается из труб прямоугольного профиля, швеллера, уголка горячекатаной стали и устанавливается на поворотной платформе.

Механизм изготавливается из стальных полос. В механизме используется поворотная платформа.

Основание рукоятки изготавливается из трубы профиля. Сама рукоять изготавливается из трубы диаметром 25 мм.

Грузовая платформа изготавливается из гнутого швеллера, уголка и листовой стали толщиной 2.5мм.

Подъемный механизм будет использоваться от автомобильного прицепа, на котором он служил механизмом опоры.

Состав стенда: основание, платформа, поворотный механизм, опоры, сцепное устройство, барабан. Конструкция обладает малой массой, снижает вероятность падения автомобиля с подъёмника, при этом повышает безопасность труда.

## 6.2 Исходные данные на проектный расчет

Таблица 6.1– Расчетные параметры

Показатели	Условные» обозначен.	Ед. измер.	Значение показателей	
			Базов.	Проектн.
1 Годовая программа	Пг	шт	900	900
2 Время машинное (оперативное)	Топ	час	1	0,95
3 Норма обслуж. раб.места	а	%	8	8
4 Норма на отдых и лич. надоб.	б	%	6	6
5 Часовая тарифная ставка:	Сч	Руб/час	3р--180	3р--180
			4р--190	4р--190
			5р--200	5р--200
6 Коэф. доплат к осн. з/плате	Кд	%	1,88	1,88
7 Страховые взносы в фонды	Кс	%	30	30

Продолжение таблицы 6.1 - Расчетные параметры

Показатели	Условные» обозначен.	Ед. измер.	Значение показателей
------------	----------------------	------------	----------------------

			Базов.	Проектн.
8 Цена оборудования	Цоб	руб	325500	расчет
9 Коэф. на доставку и монтаж	Кмон	%	1,25	1,25
10 Годовая норма амор. на площ.	На	%	2,5	2,5
11 Годов. норма аморт. оборуд.	На	%	10	10
12 Площадь под оборудов.	Руд.	м <sup>2</sup>	3,05	2,97
13 Коэф. допол. площади	Кд.пл		4	4
14 Цена эл. энергии	Цэ	руб/квч	3,4	3,4
15 Цена 1м <sup>2</sup> площади	Цпл	руб/м <sup>2</sup>	4000	4000
16 Стоимость эксплуат. произ. площади	Сэксп	руб/м <sup>2</sup>	2000	2000
17 К-во рабочих на техпроцессе	Чр	Чел.	1	1
18 Коэф. транс. заготов. расходов	Ктз	%	1,03	1,03
19 Коэф. возврат. отходов	Квоз.	%	2	2
20 Коэф. общепроиз. расходов	Копр	%	1,25	1,25
21 Коэф. общехоз. расх.	Кохр	%	1,6	1,6
22 Коэф. внепроизв. расходов	Квнепр.	%	0,02	0,02

### 6.3 «Расчет Фонда времени работы оборудования»

#### 6.3.1 Номинальный годовой фонд времени работы оборудования

$$F_n = (D_r \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot C \quad (6.1)$$

где  $D_r$  - к-во рабочих дней в году;

$T_{см}$  - продолжительность смены;»

$T_{п}$  - К-во часов сокращения смен в предпраздничные дни;

$D_{п}$  - к-во праздничных дней;

$C$  - количество смен.

$$F_n = (255 \cdot 8 - 5 \cdot 1) \cdot 1 = 2035 \text{ час} \quad (6.2)$$

$$F_n = (255 D_r \cdot 8 T_c - 5 D_{п} \cdot 1 T_{п}) = 2035 \text{ час} \quad (6.3)$$



### 6.3.2 Эффективный фонд времени работы оборудования:

$$F_{\text{э}} = F_{\text{н}} \cdot (1 - B/100) \quad (6.4)$$

$$F_{\text{э}} = 2035(1 - 5/100) = 2023 \text{ час.} \quad (6.5)$$

где В – плановые потери рабочего времени. Установлен 5 %.

## 6.4 «Расчет технологической себестоимости оборудования»

### 6.4.1 Расчет статьи затрат «сырье и материалы»

$$M = C_{\text{м}} \cdot Q_{\text{м}} \cdot (1 + K_{\text{тз}}/100 - K_{\text{вот}}/100) \quad (6.6)$$

где:  $C_{\text{м}}$  - оптовая цена материала, руб.;

$Q_{\text{м}}$  - норма расхода материала;

$K_{\text{тз}}$  - коэф. транспортно-заготовительных расходов, %;

$K_{\text{вот}}$  - коэф. возвратных расходов, %.

Таблица 6.2 – Расчет затрат на подъемник

Наименование»	Ед. изм.	К-во	Цена	Сумма
<b>СБОРОЧНЫЕ ЕДИНИЦЫ</b>				
1 Электродвигатель	шт	1	4300	4300
2 Рычаг в сборе	шт	1	600	600
3 Барабан в сборе	шт	2	750	1500
Итого				6400
<b>ДЕТАЛИ (покупные)</b>				
1 Рама	шт	1	1200	275
2 Опора	шт	2	250	500
3 Пластина	шт	2	200	400
4 Вал	шт	1	320	320
5 Вал 2	шт	1	350	350
6 Пластина	шт	1	135	135
Итого				1980

Продолжение таблицы 6.2 – Расчет затрат на подъемник

Наименование»	Ед. изм.	К-во	Цена	Сумма
---------------	----------	------	------	-------

СТАНДАРТНЫЕ ИЗДЕЛИЯ				
1 Гайка м12 гост 5927-70	шт	8	5	40
2 Шайба 16 гост 101371-78 Наименование»	шт Ед. изм.	8 К- во	2 Цена	16 Сумма
3 Болт М14х45 ГОСТ 15589-70	шт	8	12	96
4 Гайка м14 гост 5927-70	шт	8	10	80
5 Шайба 14 гост 11371-78	шт	8	2	16
6 Болт М12х35 ГОСТ 15589-70	шт	4	10	40
7 Шайба стопорная 12 ГОСТ 5056	шт	4	2	8
8 Болт М6х25 ГОСТ 15589-70	шт	10	6	60
9 Гайка М14 гост 5927-70	шт	10	2,5	25
10 Шайба 6 ГОСТ 11371-78	шт	10	1,5	15
11 Шайба стопорная 6 ГОСТ 5056	шт	10	1,2	12
12 Гайка М16 гост 5927-70	шт	1	14	14
13 Гайка барашек гост 1595-72	шт	3	6	18
14 Пружина 18х42 гост 1714-72	шт	3	5	15
ИТОГО				455
МАТЕРИАЛЫ				
1 Грунтовка ГФ-020	кг	1,5	67,4	101,1
2 Эмаль НЦ-11 гост 198-76	кг	2	126,96	253,92
ИТОГО				355,02
1 Транспортно-заготовительные	%	3	22055·3 %	662
всего				9497

Расчет статьи затрат «Заработная плата основная»

$$Z_{осн} = Z_t \cdot K_d Z_t = S_{ч} \cdot T_{шт}, \quad (6.7)$$

где  $S_{ч}$  - часовая тарифная ставка, руб./час;

$T_{шт}$  - трудоемкость операции, час;

$Z_t$  - тарифная ставка, руб.;

$K_d$  - коэф. доплат к основной зарплате.

Расчет трудоемкости ( нормы штучного ) времени:

$$T_{шт} = T_{маш} + T_{всп} + T_{обсл} + T_{отл} + T_{п.з.} \quad (6.8)$$

где Тмаш - машинное время, рассчитанное по техпроцессу.

Расчет трудоемкости времени на установку оборудования, (час)

Таблица 6.3 –Расчет трудоемкости

Вид операции	Тмаш	Твсп	Тобсл	Тотл	Тпз	Тшт
1 Заготовительная	2	0,2	0,2	0,1	0,02	2,52
2 Сварочная	4	0,4	0,4	0,2	0,04	5,04
3 Токарная	5	0,5	0,5	0,25	0,05	6,3
4 Долбежная	0,5	0,05	0,05	0,025	0,005	0,63
5 Фрезерная	1	0,1	0,1	0,05	0,01	1,26
6 Сверлильная	1,5	0,15	0,15	0,075	0,015	1,89
7 Слесарная	4	0,4	0,4	0,2	0,04	5,04
8 Сборочная	5	0,5	0,5	0,25	0,05	6,3
9 Окрасочная	2	0,2	0,2	0,1	0,02	2,52
10 Отладочная	5	0,5	0,5	0,25	0,05	6,3
Итого						47,84

Таблица 6.4–Расчет основной заработной платы

Виды операций	Разряд работы	Труд-ть, ч.-час	Часовая тарифная ставка	Зарплата по тарифу
1 Заготовительная	3»	2,52	80	201,6
2 Сварочная	4	5,04	90	453,6
3 Токарная	4	6,3	90	567
4 Долбежная	3	0,63	80	50,4
5 Фрезерная	4	1,26	90	113,4
6 Сверлильные	3	1,89	80	151,2
7 Слесарные	5	5,04	100	504
8 Сборочные	5	6,3	100	630
9 Окрасочные	3	2,52	80	201,6
10 Отладочные	5	6,3	100	630
итого		47,84		4410
Коэффиц. доплат к основной з/плате				1,88
Основная з/плата				8290,8

6.4-Затраты на основную и дополнительную заработную плату

$$З_{доп} = З_{осн} \cdot (К_{доп}/100) \quad (6.9)$$

где Кдоп - коэффициент соотношения между основной и доп. з/платой,  
%.

$$Здоп=8290,8 \cdot 10/100=829,08(6.10)$$

#### 6.4.3 Отчисления на социальные нужды

$$Осс=ФОТ \cdot (Ксс/100)=(Зосн+Здоп) \cdot Ксс/100 \quad (6.11)$$

где Ксс-коэффициент отчислений на социальные нужды, (%);  
ФОТ-фонд оплаты труда по основной и дополнительной зарплате;

$$Осс=(4410+3880,8) \cdot 34/100=2818,87 \quad (6.12)$$

#### 6.4.4 Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования

а) затраты на амортизацию оборудования

$$Аоб=Цоб \cdot (На/100) \cdot Тмаш/Фэ, \quad (6.13)$$

где Цоб - стоимость оборудования, применяемого при изготовлении  
(модернизации) оборудования (руб.);

На – норма амортизации данного оборудования, %;

Тмаш–время –время работы машин и оборудования, час;

Фэ –эффективный фонд времени работы оборудования, час.

Таблица 6.5–Расчет затрат на амортизацию оборудования

Вид оборудования	Цена оборуд.	Норма амортизации (%)	Время машинное	Эффективный фонд времени	Сумма амортиз. Отчисл.
1 Аппарат для РДС	27500	20	4,0	2023	10,87

Продолжение таблицы 6.5 - Расчет затрат на амортизацию оборудования

Вид оборудования	Цена оборуд.	Норма амортизации (%)	Время машинное	Эффективный фонд времени	Сумма амортиз. Отчисл.
------------------	--------------	-----------------------	----------------	--------------------------	------------------------

2 Токарный станок	120000	12	5,0	2023	35,59
Вид оборудования	Цена оборуд.	Норма амортизации (%)	Время машинное	Эффективный фонд времени	Сумма амортиз. Отчисл.
3 Фрезерный станок	200000	12	1	2023	11,83
4 Сверл.станок	50000	12	1,5	2023	4,45
5 Слесарный инструмент	50000	10	4	2023	9,89
6 Краскопульт	10000	10	2	2023	0,99
итого	457500				73,69

б)Рээ– затраты на электроэнергию

$$Рээ=Му \cdot Тмаш \cdot Цээ/КПД \quad (6.14)$$

где Му - установленная мощность оборудования, кВт;

«КПД - коэффициент полезного действия установки (по паспортным данным);

Цээ - стоимость 1 кВт-час электроэнергии, руб»./кВт-час.

Таблица 6.6–Расчет затрат на электроэнергию

Вид оборудования	Установ. мощность оборудования	Время машинное	Цена эл.энергии	КПД	Затраты на эл. энергию, руб.
1 Аппарат для РДС	4,5	4,0	3,4	0,8	76,5
2 Токарный станок	8	5,0	3,4	0,8	170
3 Фрезерный станок	8	1	3,4	0,8	34
4 Сверл.станок	4	1,5	3,4	0,7	29,14
5 Слесарный инструмент	2	4	3,4	0,7	38,86
6 Краскопульт	2	2	3,4	0,7	19,43

Итого затраты на эл. энергию 367,93 руб.

Итого затраты на работу оборудования:

$$Z_{об} = A_{об} + P_{ээ} \quad (6.15)$$

где  $A_{об}$  - затраты на накладные расходы оборудования, руб.;

$P_{ээ}$  - расходы на электроэнергию, руб.

$$Z_{об} = 73,69 + 367,93 = 441,62 \text{ руб.} \quad (6.16)$$

6.4.5 Затраты на амортизацию, содержание и эксплуатацию производственных площадей

а) «затраты на амортизацию производственных площадей

$$A_{пл} = (Ц_{пл} \cdot Na_{пл} \cdot S \cdot T \text{ шт}) / F_{эф} \cdot 100 \quad (6.17)$$

где:  $Ц_{пл}$  - стоимость приобретения площадей, руб/м<sup>2</sup>;

$Na_{пл}$  - «амортизационные отчисления на эксплуатацию площадей, %;

$F_{эф}$  - эффективный фонд времени работы оборудования, час;

$S$  - площадь, необходимая по техпроцессу, м<sup>2</sup>.

$$S_{обр} \cdot K_{д.пл} = 2,97 \cdot 4 = 11,88 \text{ руб/м}^2 \quad (6.18)$$

$$A_{пл} = (4000 \cdot 2,5 \cdot 11,88 \cdot 1,62 / 2023 \cdot 100) = 0,95 \text{ руб.} \quad (6.19)$$

б) расходы на содержание и эксплуатацию площадей.

$$P_{пл} = C_{экс} \cdot S \cdot T_{шт} / F_{э} \quad (6.20)$$

где  $P_{пл} = 2000 \cdot 11,88 \cdot 1,62 / 2023 = 19,03 \text{ руб.}$

Итого затраты на содержание производственных площадей, руб.

$$0,95+19,03= 19,98 \text{ руб.}$$

#### 6.4.6 Технологическая стоимость изготовления станда

$$\text{Стех} = \text{М} + \text{Пи} + \text{Зосн} + \text{Здоп} + \text{Осс} + \text{Зоб} + \text{Зпл} \quad (6.21)$$

$$\text{Стех} = 10955,77 + 2217 + 4410 + 3880,8 + 2818,87 + 290,08 + 19,98 = 24632,5 \text{ руб.}$$

#### 6.4.7 Общепроизводственные расходы

$$\text{Ропр} = \text{Зосн} \cdot \text{Копр.} \quad (6.22)$$

где Копр.=1,25- коэффициент общепроизводственных расходов.

$$\text{Ропр.} = 4410 \cdot 1,25 = 5512,5 \text{ руб.}$$

#### 6.4.8 Общехозяйственные расходы

$$\text{Рохр} = \text{Зосн.} \cdot \text{Кохр, где Кохр} = 1,6 \quad (6.23)$$

$$\text{Рохр} = 4410 \cdot 1,6 = 7056 \text{ руб.}$$

#### 6.4.9 Внепроизводственные расходы (2 % от произв. себестоимости.)

$$\text{Рвн.} = 66317,8 \cdot 2/100 = 1326,36 \text{ руб.} \quad (6.24)$$

Полная себестоимость = Спр.+Рвн.

$$\text{Спол} = 24632,5 + 5512,5 + 7056 + 1326,36 = 66185 \text{ руб.}$$

Таблица 6.7 –Калькуляция и структура себестоимости внедрения подъемника

Статьи затрат	Обозначение	Сумма, руб.	Уд. вес,
---------------	-------------	----------------	-------------

			%
1 Сырье и материалы	М	9497	16,19
2 Покупные изделия и полуфабрикаты	Пи	2717	46,37
3 Основная зарплата	Зосн	4410	6,52
4 Дополнительная з/плата	Здоп.	3880,8	5,74
Статьи затрат	Обозначение	Сумма, руб.	Уд. вес, %
5 амортиз на соц. нужды	Осс	2818,87	4,17
6 Затраты на использ. оборуд.	Зоб.	290,08	0,43
7 Затраты на использ. площади	Зпл	19,98	0,03
Технологическая себестоимость	Стех.	53749,3	79,45
8 Общепроизводственные расходы Ропр=Зосн·Копр=4410·1,25	Ропр	5512,5	8,15
9 Общехозяйственные расходы Рохр=Зосн·Кохр=4410·1,6	Рохр	7056	10,44
10 Производственная себестоимость	Спр	24632,5	98,04
11 Внепроизводственные расходы Рвн=Спр+Рвн/100=164377,17·2/100	Рвн	1326,36	1,96
12 Полная себестоимость Сполн=Спр+Рвн=24632,5+1326,36	Сп	25958,86	100

## 6.5 Расчет необходимого количества оборудования и коэффициента его загрузки

### 6.5.1 Расчет штучного времени оказания услуги

$$T_{шт} = T_{маш} \cdot (1 + (a + б)) / 100$$

где  $T_{маш}$  - машинное (оперативное) время оказания услуги;

$a$  - норма времени обслуживания рабочего места, %;

$б$  - норма времени на отдых и личные надобности рабочего, %.

$$T_{шт.баз.} = 0,55 \cdot (1 + (8 + 6) / 100) = 0,55 + 1,14 = 1,69 \text{ час}$$

$$T_{шт.расч.} = 0,48 \cdot (1 + (8 + 6) / 100) = 0,48 + 1,14 = 1,62 \text{ час}$$

### 6.5.2 Производственная программа оказания услуги

$$Пг = F_{эф} / T_{шт} = 2032 / 1,62 = 1254 \text{ ед. в год}$$

$$Пг.пред. = 2032 / 1,69 = 1202 \text{ ед. в год}$$

### 6.5.3 Расчетное количество основного технологического оборудования

$$Ноб.расч. = T_{шт} \cdot Пг / F_{эф} \cdot K_{вн}$$



где  $K_{вн}$  - коэффициент выполнения нормы, принимаем как 1(ед.)

$$\text{Ноб.расч.} = 1,62 \cdot 1249 / 2023 \cdot 1 = 1$$

Таким образом, принимаем количество необходимого оборудования равным 1(ед.)

#### 6.5.4 Коэффициент загрузки оборудования

$$K_z = \text{Пг.пред.} / \text{Пг.расч.} \quad K_z = 1100 / 1254 = 0,88$$

$\text{Пг.пред.} = 1100$  ед. т.е. принятая предприятием программа ниже чем возможная, возможно что нет заказов. В тоже время у предприятия имеется возможность принимать дополнительные заказы, т.е. увеличить объем услуг на имеющемся оборудовании.

$$K_z = 1100 / 1202 = 0,92$$

Таблица 6.8–Количество оборудования и коэффициент его загрузки

Наименование показателей	Условные обозначения	Базовый вариант	Проектный вариант
1 Норма штучного времени	Тшт	1,69	1,62
2 Производственная программа	Пг	900	900
3 Расчет количества оборудования	Ноб.расч	1	1
4 Принятое количество оборудования	Ноб.пр	1	1
5 Коэфф. загрузки оборудования	«Кз	0,92	0,88

### 6.6 Расчет прямых и сопутствующих капитальных вложений по базовому и проектному варианту

#### 6.6.1 Общие кап.вложения в оборудование по базовому варианту

$$K_{об.б} = K_{об.б} = \text{Ноб.прин} \cdot \text{Цоб.б} \cdot K_z.б.$$

где  $K_z.б.$  - коэффициент «загрузки оборудования по базовому варианту»,  
 $\text{Цоб.б}$  - остаточная стоимость оборудования с учетом срока службы, руб. ;  
 $\text{Ноб.прин.}$  - принятое количество оборудования, необходимого для выполнения производственной программы по базовому варианту.

$$\text{Цоб.б.} = \text{Сперв} - (\text{Сперв} \cdot \text{Тсл.} \cdot \text{На} / 100$$

где Сперв - первоначальная (балансовая) стоимость оборудования, руб.;

Тсл. - срок службы оборудования на момент выполнения расчета, лет;

На - норма амортизации на реновацию оборудования, %;

$$\text{Цоб.б.} = 325500 - (325500 \cdot 6 \cdot 10 / 100) = 130200$$

$$\text{«Коб.б.} = 1 \cdot 130200 \cdot 0,92 = 119784 \text{ руб.}$$

а) Капитальные вложения в оборудование»

$$\text{«Коб.б.} = \text{Ноб.прин.} \cdot \text{Сперв.} \cdot \text{Кт.з.} \cdot \text{Кз.б.}$$

где Сперв. - стоимость приобретения нового оборудования, (руб.);

Кт.з. - коэф., учитывающий транспортно-заготовительные расходы на доставку оборудования (принимаем 3 %);

Кз.б. - коэф. загрузки оборудования по базовому варианту.

$$\text{Коб.б.} = 1 \cdot 325500 \cdot 1,03 \cdot 0,92 = 308443,8 \text{ «руб.}$$

б) Капитальные вложения в дополнительные площади

$$\text{Кпл.б.} = \text{Цпл.} \cdot (\text{Спр} - \text{Сб}) \cdot \text{Кз.б.}$$

где Спр-Сб. - дополнительная площадь по базовому варианту, м<sup>2</sup>;

Цпл - стоимость приобретения площади ,руб/м<sup>2</sup>;

Кз.з. - коэф. загрузки по базовому варианту.

$$\text{Кобщ.б.} = 1 \cdot 3,05 \cdot 4 \cdot 4000 \cdot 0,92 = 44896 \text{ руб.}$$

$$\text{Коб.б.} = 1 \cdot 325500 + 44896 + 15422,19 = 385818,19 \text{ руб.}$$

в) Сопутствующие капитальные затраты

$$\text{Зсоп} = \text{Здем} + \text{Змонт.}$$

где Здем - затраты на демонтаж базового оборудования, руб.;

Змонт - затраты на монтаж нового оборудования, руб.

$$\text{Змонт.} = \text{Ноб.прин.} \cdot \text{Кобщ.б.} \cdot \text{Кмонт.} / 100.$$

$$\text{Змонт.} = 1 \cdot 308443,8 \cdot 5 / 100 = 15422,19 \text{ «руб.}$$

Так как по базовому варианту стенд монтируется заново, затраты на демонтаж не рассчитываются.

6.6.2 Общие капитальные вложения по проектному варианту

$$\text{Кобщ.пр} = \text{Коб.пр} + \text{Кпл.пр} + \text{Зсоп.пр.}$$

$$\text{Кобщ.пр}}=30460+(1\cdot 2,97\cdot 4\cdot 4000\cdot 0,88)+\text{«Зсоп.пр,}$$

где Коб.пр - капитальные вложения в оборудование, руб.;

Кпл.пр - капитальные вложения в дополнительные площади, руб.;

Зсоп.пр. - сопутствующие капитальные затраты, руб.

а) капитальные вложения в оборудование

$$\text{Коб.пр.}=\text{Ноб.прин}\cdot\text{Сперв}\cdot\text{Кт-з}\cdot\text{Кз.пр.}$$

где Сперв-стоимость приобретения нового оборудования;

Кт-з - коэф., учитывающий транспортно-заготовительные расходы на доставку - 3 %;

Кз.пр. - коэф. загрузки оборудования по проектному варианту.»

$$\text{Коб.пр.}=1\cdot 30460\cdot 1,03\cdot 0,88=27608,94 \text{ «руб.}$$

б) капитальные вложения в дополнительные площади

$$\text{Кпл.пр.}=\text{Цпл}\cdot(\text{Spr}-\text{Sб})\cdot\text{Кз.пр.}$$

где Spr-Sб—дополнительная площадь по проектному варианту, м<sup>2</sup>;

Цпл - стоимость приобретения площади, руб/м<sup>2</sup>;

Кз.пр. - коэффициент загрузки по проектному варианту».

Подъемник занимает несколько меньшую площадь, чем по базовому, дополнительных вложений в производственные площади не рассчитываем.

$$\text{Кпл.пр.}=1\cdot 2,97\cdot 4\cdot 4000\cdot 0,88=41817,6 \text{ руб.}$$

$$\text{Коб.пр.}=1\cdot 30460\cdot 1,03+41817,6+2671,2=75862,6 \text{ руб.}$$

в) Сопутствующие капитальные затраты

$$\text{Зсоп.}=\text{Здем}+\text{Змонт}$$

где Здем - затраты на демонтаж базового оборудования, руб.;

Змонт - затраты на монтаж нового оборудования, руб.

$$\text{Змонт}=\text{Ноб.прин}\cdot\text{Кобщ.пр}\cdot\text{Кмонт}/100$$

(эл.монтажные, слесарные, сборочные, отладочные работы при монтаже)

$$\text{Змонт}=907,2+504+630+630=2671,2 \text{ руб.}$$

Так как по проектному варианту подъемник монтируется заново на демонтаж затраты не рассчитываем, а монтаж включен в себестоимость изготовления.

### 6.6.3 Дополнительные капитальные вложения

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общ.пр.}} - K_{\text{общ.б.}}$$

где  $K_{\text{общ.пр.}}$ ,  $K_{\text{общ.б.}}$  – общие капитальные вложения по проектному и базовому вариантам соответственно.

Дополнительных вложений нет, т.к. изготовление экономичней закупки готового нового.

### 6.6.4 Удельные капитальные вложения

$$K_{\text{уд}} = K_{\text{общ.}} / P_{\text{г}}$$

$$K_{\text{уд.б.}} = 385818,19 / 1100 = 350,74 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{уд.п.}} = 112152,96 / 1100 = 101,96 \text{ руб.}$$

где  $P_{\text{г}}$  – производственная (годовая) программа оказания услуг, шт/год.

Таблица 6.9 – Расчет капитальных вложений по вариантам

Наименование	Базовый вариант	Проектный вариант
1 Общие капвложения в оборудование» с учетом ТЗР(3%)	325500	67664,16
2 «Сопутствующие капвложения по проектному варианту	15422,19	2671,2
3 Затраты на производственную площадь, занятую оборудованием	44896	41817,6
4 Общие капвложения»	385818,19	112152,96
5 Удельные капвложения	350,74	101,96

### 6.7 Расчет технологической себестоимости эксплуатации базового и проектируемого оборудования при оказании услуг

Расчет проведем для наглядности в форме таблицы 6.10.

Таблица 6.10 - Расчет технологической себестоимости

Наименование показателя	Формулы и расчеты	Значения по вариантам	
		Базов.	Проект.
1 Затраты на	Так как по базовому и проектному		

материалы	варианту применяются одинаковые расходные материалы, расчет на материалы при эксплуатации подъемника не производим		
2 Основная зарплата рабочих	$Z_{осн} = S_{ч} \cdot t_{шт} \cdot K_{д}$ $Z_{осн.б} = 200 \cdot 1,69 \cdot 1,88$ , где 200 это ставка 5 разряда. $Z_{осн.пр.} = 200 \cdot 1,62 \cdot 1,88$	635,44	609,12
3 Дополнительная зарплата	$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot (K_{доп}/100)$ $Z_{доп.б} = 635,44 \cdot (10/100)$ $Z_{доп.пр.} = 609,12 \cdot (10/100)$	63,5	60,9
4 Отчисления на соц. нужды	$O_{сс} = \Phi O T \cdot K_{с} = (Z_{осн} + Z_{доп}) \cdot K_{сс}$ $O_{ссб} = (635,44 + 63,5) \cdot 0,3$ $O_{сспр} = (63,5 + 60,9) \cdot 0,33$	209,7	201
5 Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования и производ. площадей			
5.1 Амортизация оборудования	$A_{об} = (Ц_{об} \cdot N_{а} \cdot T_{маш}) / F_{э} \cdot 100$ $A_{об.б} = (325500 \cdot 10 \cdot 1,69) / 2023 \cdot 100$ $A_{об.пр} = (67664,17 \cdot 10 \cdot 1,62) / 2023 \cdot 100$	27,19	5,41
5.2 Расход на эл. энергию	$R_{ээ} = M_{у} \cdot T_{маш} \cdot Ц_{ээ} / K_{ПД}$ В связи с тем, что электродвигатель половину времени работает в режиме генератора, то принимаем расход электроэнергии равным 0	0	0
5.3 Амортизация площади	$A_{пл} = (Ц_{пл} \cdot N_{а.пл} \cdot S \cdot T_{шт}) / F_{э} \cdot 100$ $A_{пл.б} = (4000 \cdot 3,05 \cdot 4 \cdot 2,5 \cdot 1,69) / 2023 \cdot 100$ $A_{пл.пр} = (4000 \cdot 2,97 \cdot 4 \cdot 2,5 \cdot 1,62) / 2023 \cdot 100$	1,02	0,95
5.4 Расходы на содержание и эксплуатацию площади	$R_{пл} = C_{эсп} \cdot S \cdot T_{шт} / F_{э}$ $R_{пл.б} = 2000 \cdot 12,2 \cdot 1,69 / 2023$ $R_{пл.пр} = 2000 \cdot 11,88 \cdot 1,62 / 2023$	20,38	19,03
5.5 Затраты на текущий ремонт оборудования	$R_{роб.} = N_{об} \cdot Ц_{об} \cdot K_{з} \cdot T_{шт} \cdot K_{р} / \Phi_{э} \cdot 60 \cdot K_{вн}$ $R_{р.об.б} = 1 \cdot 325500 \cdot 0,75 \cdot 1,69 \cdot 0,3 / 2023 \cdot 1$ $R_{р.об.пр} = 1 \cdot 67664,17 \cdot 0,75 \cdot 1,62 \cdot 0,3 / 2023 \cdot 1$	61,18	12,19

Продолжение таблицы 6.10 - Расчет технологической себестоимости

Наименование показателя	Формулы и расчеты	Значения по вариантам
-------------------------	-------------------	-----------------------

		Базов.	Проект.
5.6 Расходы на топливо при горячей обкатке	Принимаем расход топлива-4 литра при средней цене 40руб.за литр	160	160
Технологическая себестоимость		1178,4	1068,6

**6.8. «Калькуляция и структура полной себестоимости эксплуатации базовой и проектируемой конструкции и цена оказания услуги»**

Таблица 6.11–Себестоимость эксплуатации базовой и проектируемой конструкции

Статьи затрат	Калькуляция, руб.»	
	базовый	проектный
1 Материалы	нет	нет
2 Основная зарплата рабочих	635,44	609,12
3 Дополнительная зарплата рабочих	63,5	60,9
4 Отчисления на соц.нужды	209,7	201
5 Расходы на содержание оборудования и производственных площадей	209,77	137,58
6 Технологическая себестоимость	1178,4	1068,6
7 Общехозяйственные расходы $Р_{опр} = Z_{осн} \cdot K_{опр}(1,25) = 635,44 \cdot 1,25$	794,3	761,4
8 Общехозяйственные заводские накладные расходы $Р_{охр} = Z_{осн} \cdot K_{охр}(1,6)$	1016,7	974,6
9 Производственная себестоимость $С_{пр} = S_{тех} + R_{опр} + R_{охр}$	2989,4	2804,6
10 Внепроизводственные расходы $Р_{вн} = С_{пр} \cdot K_{внепр}(2\%)$	59,8	56,1
11 Полная себестоимость: $С_{полн} = С_{пр} + Р_{вн}$	3049,2	2860,7

Продолжение таблицы 6.11 - Себестоимость эксплуатации базовой и проектируемой конструкции

Статьи затрат	Калькуляция, руб.»	
	базовый	проектный
12 Прибыль предприятия $ПР = С_{полн} \cdot K_{пр}(15\%)$	457,4	429,1
13 Цена услуги $С_{полн} + ПР$	3506,6	3289,8

## 6.9 Расчет показателей экономической эффективности новой техники

6.9.1 Показатель снижения трудоемкости:  $t_{шт.баз}-t_{шт.пр.}/t_{шт.баз} \cdot 100$

$$(1,69-1,62)/1,69 \cdot 100 = 4,14 \%$$

6.9.2 Показатель снижения технологической себестоимости

$$\text{Стех} = (\text{Стех.в.} - \text{Стех.пр.}) / \text{Стех.в.} \cdot 100\%$$

$$(1178,4 - 1068,6) / 1178,4 \cdot 100\% = 9,3 \%$$

6.9.3 «Условно-годовая экономия

$$\text{Эуг} = (\text{Цбаз.} - \text{Цпр}) \cdot \text{Пг} \quad (6.62)$$

$$\text{Эуг} = (3506,6 - 3289,8) \cdot 1100 = 238480 \text{ руб.}$$

где Цбаз и Цпр - цена услуги по базовому и проектному вариантам соответственно.

Ожидаемая прибыль от услуг»:  $429,1 \cdot 1100 = 472010$  «руб.

6.9.4 Годовой экономический эффект

Экономия от снижения затрат на покупку оборудования:»

$$\text{Эг} = (\text{Зпрб} - \text{Зпр.п}) = 385818,19 - 112152,96 = 274794 \text{ «руб.}$$

6.9.5 Срок окупаемости капитальных вложений

Определение срока окупаемости капвложений (инвестиций):

$$\text{Ток} = \text{Кобщ} / \text{Пр.чист} = 112152,96 / 472010 = 0,23 \text{ «года}$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$\text{Еср} = 1 / \text{Ток} = 1 / 0,23 = 4,2$$

где Ток - срок окупаемости дополнительных кап.вложений, лет.

$$\text{Ен} = 0,33$$

$\text{Еср} = 4,2$ ; т.е. выше, чем допустимые параметры значит мероприятие эффективно. Срок окупаемости мероприятия составляет менее 1 года, по нормативу он составляет 3 года.

Выводы: Внедрение устройства показывает, «что себестоимость работ на проектируемом оборудовании на 9,3 % выше чем на существующем». Возможность снижения стоимости предлагаемой услуги

повышает конкурентоспособность на рынке услуг, а также позволяет предприятию привлекать дополнительное «количество клиентов. Одновременно улучшаются условия работы рабочих. Кроме того, у предприятия имеется возможность увеличения производственной программы с 900 до 950 ед. в год , т.е. у предприятия имеется запас прочности».



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте был спроектирован и создан стенд, для определения собственных колебаний подрессоренной массы легкового автомобиля. Проведены аналитическое и экспериментальное исследование выше указанных колебаний.

В разделе «Безопасность и экологичность объекта» были рассмотрены источники колебаний и вибрации возникающие при движении автомобиля, их влияния на организм человека, а также способы уменьшения воздействий колебаний и вибраций на человека и перевозимый груз.

В разделе «Экономическая эффективность» была рассчитана себестоимость изготовленного стенда, показавшая, что его срок окупаемости составляет менее 1 года, по нормативу он составляет 3 года.

По результатам работы подготовлены тезисы для опубликования в сборники « Дни студенческой науки ТГУ ».

Данный стенд будет использоваться в учебных целях и исследовательской работе на кафедре «Проектирование и эксплуатация автомобилей» института машиностроения Тольяттинского Государственного Университета.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1) Цимбалин, В.Б. Испытание автомобилей / В.Б. Цимбалин – М.: Машиностроение, 1978. – 199 с.
- 2) Гришкевич, А.И. Испытание автомобилей / А.И. Гришкевич – М.: Машиностроение, 1991. – 161 с.
- 3) Балабин, И.В. Испытание автомобилей / И.В. Балабин, Б.А. Куров – М.: Машиностроение, 1988. – 192 с.
- 4) Финченко, Н.И. Испытание автомобилей и тракторов / Н.И. Финченко – М.: Машиностроение, 2017. – 173 с.
- 5) Кравец, В.Н. Теория автомобиля/ В.Н. Кравец – М.: Машиностроение, 2007. – 273 с.
- 6) Иларионов, В.А. Теория и конструкция автомобиля / В.А. Иларионов – М.: Машиностроение, 1992. – 416 с.
- 7) Цимбалин, В.Б. Атлас конструкций. Шасси автомобиля / В.Б. Цимбалин – М.: Машиностроение, 1977. – 411 с.
- 8) Балабин, И.В. Испытания автомобилей / И.В. Балабин – М.: Машиностроение, 1988. – 203 с.
- 9) Раймпель, Й. Шасси автомобиля. Конструкция подвесок / Й. Райпель – М.: Машиностроение, 1989. – 215 с.
- 10) Журавлев, В.Н. Машиностроительные стали / В.Н. Журавлев – М.: Машиностроение, 1968. – 170 с.
- 11) Осепчугов, В.В. Автомобили: Анализ конструкций элементов расчета / И.В. Балабин – М.: Машиностроение, 1989. – 165 с.
- 12) Вахламов, В.К. Автомобили. Основы конструкции / В.К. Вахламов – М.: Машиностроение, 2004. – 186 с.
- 13) Куклин, Н. Г. Детали машин / Н.Г. Куклин – М.: Машиностроение, 1999. – 391 с.

- 14) Черепанов, Л.А. Определение передачи вибрации на кузов автомобиля / Л.А. Черепанов – М.: Машиностроение, 1979. – 89 с.
- 15) Черепанов, Л.А. Улучшение виброакустических свойств кузова легкового автомобиля / Л.А. Черепанов – М.: Машиностроение, 2009. – 311 с.
- 16) Wittel, H., Maschinenelemente: Normung, Berechnung, Gestaltung - Lehrbuch und Tabellenbuch / H. Wittel, D. Muhs, D. Jannasch. - Vieweg+TeubnerVerlag, 2011. - p. 810
- 17) Mikell, P., Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems / P. Mikell. - John Wiley & Sons, 2010. - p. 1024. 47
- 18) Niemann, G., Maschinenelemente: Band 1: Konstruktion und Berechnung von Verbindungen, Lagern, Wellen / G. Niemann, H. Winter. - 2005. Springer, - p. 903.
- 19) Werner, E. Schmierungstechnik / E. Werner. - 1976. – p. 134.
- 20) Konig, R. International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering [Электронный ресурс]. - Electronic text data. - [Б. м.] : John Wiley & Sons, Inc., 1998 - (Ulrich). URL: <http://eu.wiley.com> (publisher's website). : [http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/\(ISSN\)1099-047X](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/(ISSN)1099-047X) (journal link (full text - НТО-3)). - ISSN 1096-4290. Schmiertechnik 1963. - Nr. - 3. - 1964. - Nr. – 1 (дата обращения 05.06.2018 г.).