

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

На тему «Разработка лабораторной установки по определению собственных колебаний подрессоренной массы. Лабораторная установка»

Студент

Д.С. Дроздов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Л.А. Черепанов

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

Консультанты

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

к.э.н., доцент С.Ю. Данилова

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

к.п.н., доцент С.А. Гудкова

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

Тольятти 2020

Аннотация

Целью данного дипломного проекта является разработка лабораторной установки для определения собственных колебаний поддрессоренной массы, а также создание конструкции стенда.

Вопросам улучшения плавности хода автомобилей уделяется постоянно большое внимание, поэтому работа выполненная в данном направлении актуальна на сегодняшний день.

В дипломном проекте, проведен анализ существующих конструкций стендов для испытаний автомобиля на плавность хода. Анализ продемонстрировал наличие некоторых проблем, что делает очевидной своевременность подобной работы. На основании анализа спроектирован и разработан стенд для определения собственных колебаний поддрессоренной массы. Благодаря своим техническим характеристикам конструкция лучше подходит для использования студентами. Проведение лабораторных работ на ней особенно важно и необходимо при изучении таких дисциплин как «Теория автомобиля», «Теория автоматического управления».

Разработаны и рассмотрены вопросы: «Обеспечение безопасности на слесарном участке механосборочного экспериментального производства», что обеспечивает безопасное создание и запуск лабораторной установки. «Экономический раздел», который позволяет на основе сетевых графиков осуществить расчет затрат на разработку и изготовление данной лабораторной установки, а также расходов по ее эксплуатации и обслуживанию.

Дипломный проект содержит 8 листов формата А1, 24 таблицы, 77 страниц пояснительной записки, которые включают в себя 6 разделов, введение, заключение и список источников и приложения.

Abstract

This graduation project mainly deals with the construction of a test bench. The test bench is developed to measure frequency of vibration for the sprung mass. The aim of this graduation project is to develop a laboratory unit for determining frequency of vibration for the sprung mass. It implies creating a test bench itself.

Testing smooth ride of cars is still in great demand currently. That is why our work turns out to be relevant to this demand.

We have analyzed the existing capacities of test benches designed to test smooth ride of cars. The analysis highlighted some actual problems. Thus, the urgency of our project became evident. We have designed and developed the construction of a test bench to measure frequency of vibration for the sprung mass. The construction is more available for students, due to its technical characteristics. It allows to carry out laboratory work more effectively when studying such disciplines as «Theory of Cars» and «Automatic Control Theory».

The graduation project also deals with the most important issues on ensuring safety at the locksmith section of the experimental machine-assembling manufacture. Safe conditions are necessary for correct laboratory installation and launch of the test bench. The economic section of the graduation project concerns with network schedule diagrams to calculate the costs for development and manufacture of this laboratory unit. It also calculates the costs of its operation and maintenance.

The graduation project contains 8 broadsheets, 24 schedules and scales, 77 pages of explanatory notes. The notes include 6 parts, an introductory section, conclusions, a list of sources and some special Applications.

Содержание

Введение.....	6
1 Основы теории колебаний.....	7
1.1 Плавность хода автомобиля.....	9
1.2 Оценочные показатели плавности хода.....	11
1.3 Характеристики и параметры виброзащитной системы автомобиля.....	12
2 Обзор стендов.....	22
2.1 Стенд для измерения плавности хода автомобиля.....	22
2.2 Стенд для испытаний амортизаторов подвески автомобилей.....	23
3 Лабораторная установка по определению собственных колебаний подрессоренной массы.....	26
4 Тяговый расчет.....	29
4.1. Подготовка исходных данных для тягового расчета.....	29
4.2 Определение передаточного числа главной передачи.....	32
4.3 Расчет внешней скоростной характеристики.....	32
4.4 Определение передаточных чисел коробки передач.....	34
4.5 Тяговый баланс автомобиля.....	37
4.6 Динамическая характеристика автомобиля.....	39
4.7 Разгон автомобиля.....	40
4.8 Время и путь разгона автомобиля.....	44
4.9 Мощностной баланс автомобиля.....	48
4.10 Топливо-экономическая характеристика.....	49
5 Обеспечение безопасности на слесарном участке механосборочного экспериментального производства.....	51
5.1 Меры безопасности на механосборочном участке экспериментального производства.....	51
5.2 Меры безопасности при проведении работ на участке.....	52
5.2.1 Сварочный аппарат.....	52
5.2.2 Сверлильный станок.....	53
5.2.3 Угловая шлифовальная машина (УШМ).....	53

6 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	55
6.1 Сетевой график проведения НИР	55
6.2 Расчет затрат на проведение НИР	61
6.2.1 Расчет стоимости сырья, материалов.....	61
6.2.2 Расчет основной заработной платы разработчиков.....	62
6.2.3 Расчет дополнительной заработной платы разработчиков	65
6.2.4 Расчет отчислений на социальные нужды	66
6.2.5 Расчет прочих прямых расходов	66
6.2.6 Расчет накладных расходов	67
6.2.7 Расчет затрат на проведение НИР	67
6.3 Расчет капитальных вложений.....	68
6.4 Расчет общих экономических показателей	70
Заключение	74
Список используемых источников.....	75
Приложение А Спецификация.....	77
Приложение Б Тяговая сила.....	79
Приложение В Мощностной баланс	80
Приложение Г Библиотека событий	81
Приложение Д Библиотека работ	82

Введение

С колебательными процессами человеку приходится сталкиваться на каждом шагу. На первый взгляд кажется, что с физической точки зрения причина возникновения колебаний очевидна: что-то заставляет какую-то характеристику рассматриваемого объекта то увеличиваться, то уменьшаться. Так, например, если мы раскачиваем качели, стоя на земле, то не удивительно, что они совершают колебательное движение. Однако, даже в этом простом примере остается не ясным, почему нам удастся раскачаться, находясь непосредственно на качелях. Аналогичные вопросы возникают, если задуматься, почему ходят часы, почему бьется с определенной частотой сердце, почему река, текущая с постоянной скоростью, может в конечном итоге «давать» переменный ток, почему при равномерном движении смычка по струне возникают звуковые колебания. Ответ на подобные вопросы дает дисциплина «Теория колебаний».

«Во многих областях современной техники весьма часто возникают колебательные движения различных механических систем.

Возникающие в различных условиях колебания, или так называемые вибрации машин и их деталей, а также многочисленных инженерных сооружений и их отдельных элементов при неблагоприятных обстоятельствах могут вызывать значительные деформации и напряжения, а также быстрый износ конструкций и даже их разрушение. Особое значение приобретают различные виды колебаний локомотивов и вагонов, автомобилей, судов и самолетов в связи с возрастанием скоростей их движения» [3].

Изучение основ «Теории колебаний» особенно важно при изучении таких дисциплин как «Теория автомобиля», «Теория автоматического управления». Поэтому в данной работе создан стенд для лабораторных работ, позволяющий изучать основные понятия «Теории колебаний».

1 Основы теории колебаний

При динамическом воздействии различных факторов появляются вибрации: в результате ударов, подвижных нагрузок, неуравновешенных частей машин, а так же переменного давления пара, газа, воды и ветра возникают колебания.

Колебания системы могут происходить как около положения равновесия, точно так же и относительно некоторого определенного движения системы, в том числе и стационарного движения.

В первом случае колебания возникают при устойчивом равновесии. Во втором, когда равновесие неустойчиво, система при незначительном отклонении отдаляется от положения равновесия и колебания около этого положения не возникают. Поэтому для того, чтобы изучить малые колебания механических систем необходимо знать критерий устойчивости равновесия данных систем.

В случае, если система с голономными и стационарными связями, которые находятся в консервативном силовом поле, данный критерий устанавливается при использовании специальных теорем о потенциальной энергии системы.

В момент, когда точки механической системы, располагающейся в состоянии устойчивого равновесия, придают малые отклонения и малые начальные скорости, система образует свободные колебания около положения устойчивого равновесия.

«Положение голономной системы» [9], имеющих s «степеней свободы, в любой момент времени определяются» [9] s обобщенными координатами q_j .

Будем считать, что в положении равновесия обобщенные координаты равны нулю:

$$q_{i0} = 0$$

«В случае свободных колебаний на материальные точки системы действуют восстанавливающие силы P_i и силы сопротивления R_i .

Уравнение Лагранжа второго рода для системы с s степенями свободы в этом случае принимают вид» [3]:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} = Q_{jP} + Q_{jR} \quad (j=1, 2, \dots, s) \quad (1.1)$$

«Где Q_{jP} – обобщенная сила, соответствующая восстанавливающим силам P_i ;

Q_{jR} – обобщенная сила, соответствующая силам сопротивления R_i .

Вывод этих уравнений имеется в курсах теоретической механики.

Известно, что обобщенную силу, соответствующую восстанавливающим силам P_i , имеющим потенциал, определяют по формуле 1.2» [1]:

$$Q_{jP} = - \frac{\partial \Pi}{\partial q_i} \quad (j=1, 2, \dots, s) \quad (1.2)$$

Для того, чтобы составить уравнение Лагранжа второго рода нам требуется иметь выражения кинетической энергии малых колебаний системы T и потенциальной энергии этой системы Π .

Кинетическая энергия:

$$T = \sum_{i=1}^n \frac{m_i v_i^2}{2} \quad (1.3)$$

Потенциальная энергия:

$$Q_j = -\frac{\partial \Pi}{\partial q_j} \quad (j=1, 2, \dots, s) \quad (1.4)$$

Диссипативная функция или функция рассеивания:

$$\Phi = \sum_{i=1}^n \frac{v_i v_i^2}{2} \quad (1.5)$$

1.1 Плавность хода автомобиля

Автомобиль является сухопутным транспортным средством, поэтому передвигается по дорогам с различным покрытием и разного качества. При этом дорога по неровной дороге на одном автомобиле не вызывает неприятных ощущений, а даже непродолжительная езда на другом по той же дороге вызывает неприятные ощущения, приводит к быстрой утомляемости и даже расстройствам здоровья. В данном случае можно сказать, что первый обладает удовлетворительной плавностью хода, а второй, обладает неудовлетворительной плавностью хода, передает все воздействия от неровностей дороги от колес и подвески непосредственно кузову, водителю и пассажирам.

«Под плавностью хода принято понимать совокупность потенциальных свойств автомобиля, которые характеризуют его передвижение в назначенном интервале скоростей без выхода из определенных норм вибронегативности водителя, пассажиров, грузов и элементов конструкции автомобиля» [5].

«Нормы вибронегативности устанавливаются такими, чтобы на дорогах, для которых предназначен автомобиль, колебания водителя и пассажиров не вызывали у них неприятных ощущений и быстрой

утомляемости, а колебания грузов и конструктивных элементов автомобиля не приводили к их повреждениям.

Возникающие при движении автомобиля колебания, вызванные неровностями дороги, оказывают влияние не только на плавность хода, но и на ряд других эксплуатационных свойств. Так, при эксплуатации грузовых автомобилей на дорогах с неудовлетворительным состоянием поверхности средняя скорость движения уменьшается на 40-50%, межремонтный пробег – на 35-40, расход топлива увеличивается на 50-70, а себестоимость перевозок – на 50-60%» [9].

«Колебания автомобиля происходят из-за неровности поверхности дороги, на которую опирается автомобиль. Частота колебаний зависит от параметров»[22] и «характеристик компоновки автомобиля, его подвески и шин, а также от характеристики воздействий дороги, определяемой геометрией неровностей и скоростью движения автомобиля. Параметры автомобиля, его механизмов и систем определяются в процессе функционального проектирования и зависят от его назначения. Вначале определяются основные параметры автомобиля исходя из требований обеспечения высоких тягово-скоростных свойств и топливной экономичности. Показатели этих свойств характеризуют потенциальные возможности автомобиля по эффективному выполнению функционального назначения. Производительность автомобиля непосредственно связана со скоростью его движения в реальных дорожных условиях. Однако потенциальные скоростные свойства автомобиля могут ограничиваться необходимостью обеспечения виброзащиты водителя, пассажиров, груза. Поэтому для достижения высокой эффективности выполнения транспортных работ автомобиль должен обладать возможностью длительного движения по дорогам с неровной поверхностью в интервале высоких эксплуатационных скоростей. Это свойство обеспечивается выбором рациональной структуры и оптимальных параметров подвески автомобиля. В качестве исходных данных при функциональном проектировании подвески принимаются параметры

компоновки автомобиля, характеристики дорожных условий и технические требования на показатели оценки плавности хода, устанавливаемые на основе действующих нормативных документов» [9].

1.2 Оценочные показатели плавности хода

«Показатели плавности хода автомобиля характеризуют воздействия колебаний на водителя, пассажиров, элементы конструкции и перевозимый груз. Особое внимание уделяется виброзащите человека. Колебания автомобиля оказывают неблагоприятные воздействия на организм человека, вызывая функциональные расстройства ряда внутренних органов» [9], «отражающиеся на его здоровье» [14]. «Организм человека адаптирован к частотам колебаний до 1,5-2,5 Гц при ускорении тела до 0,4 g(ускорение свободного падения), что соответствует средней скорости движения пешехода. Изменение частоты и интенсивности колебаний может оказать серьезное влияние на состояние человека. Одиночные воздействия большой интенсивности могут привести к травматическим повреждениям (ушибам, переломам, контузии). Колебания частотой 3-5 Гц вызывают реакции вестибулярного аппарата, расстройства сосудистой системы, укачивание (морскую болезнь). При частотах 4-11 Гц возникают резонансные колебания головы, желудка, печени, кишечника. Колебания с частотами 11-45 Гц приводят к ухудшению зрения, вызывают тошноту и рвоту. При частоте свыше 45 Гц и определенной интенсивности возникает так называемая вибрационная болезнь» [9].

«Исследованиями установлено, что человек воспринимает колебания вестибулярным аппаратом, глазами, суставами и мышцами, кожей. Колебания передаются через костную ткань и могут действовать непосредственно на внутренние органы. Человеческий организм воспринимает воздействия колебаний по-разному в зависимости от их частоты. При низких частотах (до 15-20 Гц) он наиболее восприимчив к ускорениям, при средних частотах – к скоростям колебания, при высоких

частотах – к перемещениям. Наибольшая чувствительность отмечается к вертикальным колебаниям в диапазоне частот 4-8 Гц и горизонтальным – 1-2 Гц» [9].

«При оценке плавности хода автомобиля и вибрационной нагрузки водителя и пассажиров используются следующие показатели:

- собственные частоты колебаний поддресоренных масс;
- максимальные и средние квадратические значения ускорений в различных точках автомобиля;
- средние квадратические значения виброускорений на сиденьях водителя и пассажиров в первых пяти октавных полосах частот» [15].

1.3 Характеристики и параметры виброзащитной системы автомобиля

«Автомобиль представляет собой колебательную систему, в которую входят инерционные, упругие и диссипативные элементы. К инерционным относятся массы кузова, мостов с колесами, людей и грузов. Различают поддресоренные и неподдресоренные массы. К поддресоренным относятся массы, сила тяжести которых передается на упругие элементы подвески (массы кузова, груза, водителя, пассажиров). Остальные массы относятся к неподдресоренным (колеса, мосты). Массы конструктивных элементов подвески частично относятся к поддресоренным, а частично к неподдресоренным.

Упругие и диссипативные элементы составляют основу виброзащитной системы автомобиля. В эту систему входят: подвеска, шины, сиденья водителя и пассажиров. К подвеске относятся все конструктивные элементы, соединяющие мосты или отдельные колеса с рамой или кузовом. Кроме упругих и диссипативных элементов в нее входят направляющие устройства, определяющие кинематические характеристики перемещения колес относительно рамы или кузова и обеспечивающие передачу между ними усилий и моментов. Воздействия неровностей дороги на колебательную

систему автомобиля вызывают колебания масс и приводят к изменению их кинетической энергии» [23].

«Упругие элементы предназначены для преобразования энергии толчков и ударов, создаваемых неровностями дороги, в потенциальную энергию упругих элементов. Назначение диссипативных элементов – гашение колебаний. Они обеспечивают рассеивание энергии, превращая механическую энергию колебаний в тепловую. Интенсивность гашения колебаний зависит от величины трения диссипативного элемента (гидравлического сопротивления амортизатора, внутреннего трения)» [23] «элементов шины и сидений)» [4].

«Характеристику упругого элемента подвески существующего автомобиля получают экспериментально путем его нагрузки и разгрузки. Для этого автомобиль устанавливают колесами на весовые весы устройства (ладометры). К кузову автомобиля прикрепляется трос лебедки, посредством которой кузов подтягивают вверх или вниз, изменяя деформацию упругого элемента от его полной разгрузки до максимальной нагрузки, определяемой ограничителями хода» [3].

«На рис.1.1 показана характеристика упругого элемента подвески, представляющая собой зависимость усилия упругого элемента F_p от его деформации Δ_p . Эта зависимость при нагружении и разгрузке различна вследствие неизбежного гистерезиса, обусловленного трением (межлистовое трение, внутреннее трение в материале упругих элементов и др.). В качестве характеристики упругого элемента принимается средняя линия между кривыми его нагружения и разгрузки (штриховая линия)» [3].

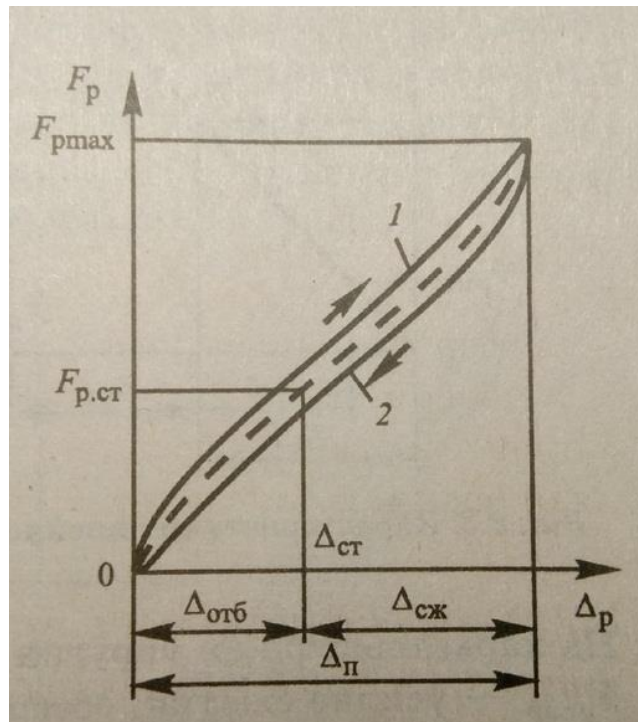


Рисунок 1.1 - Характеристика упругого элемента подвески: 1-нагружение, 2-разгрузка

«Коэффициент жесткости упругого элемента подвески» c_p равен производной усилия упругого элемента»[5] F_p по перемещению Δ_p :

$$c_p = dF_p / d \Delta_p. \quad (1.6)$$

«Если $c_p = \text{const}$, характеристика упругого элемента линейная, а если c_p зависит от деформации Δ_p – нелинейная. В первом случае подвеску называют линейной, а во втором – нелинейной»[5].

Показатели упругих свойств шины можно определить и экспериментальным путем. На рис.1.2 Показана зависимость усилия сжатия шины F_m от ее деформации $\Delta_{ш}$ при нагрузке и разгрузке. При незначительной нагрузке эта зависимость получается нелинейная, но при её возрастании со временем изменяется практически в линейную. Так как линии нагрузки и разгрузки не совпадают, отсюда следует, что

характеристика упругого элемента шины имеет петлю гистерезиса. Нелинейный участок характеристики часто не берут во внимание, а в качестве характеристики упругого элемента шины допускают среднюю линию между кривыми нагрузки и разгрузки в линейной области (штриховая линия).

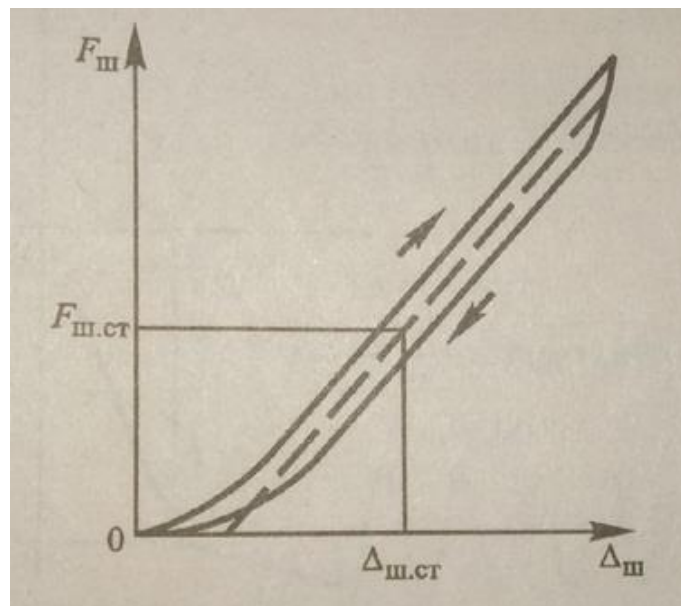


Рисунок 1.2 - Характеристика упругого элемента шины

Коэффициент радиальной жесткости шины $c_{ш}$ определяют, вычисляя производную усилия сжатия»[4] $F_{ш}$ по перемещению $\Delta_{ш}$ в точке с координатами $\Delta_{ш.ст}$, $F_{ш.ст}$, соответствующей статической нагрузке на шину. Коэффициент радиальной жесткости шины рассчитываем по формуле 1.7:

$$c_{ш} = dF_{ш} / d \Delta_{ш} \quad (1.7)$$

Зависимость F_a от $\dot{\Delta}_p$ называют характеристикой амортизатора

Где, F_a – сила сопротивления,

$\dot{\Delta}_p$ – скорость перемещения штока.

«Эта характеристика нелинейная. Ее обычно аппроксимируют кусочно-линейной зависимостью (рис. 1.3). При ходе сжатия коэффициент сопротивления $\mu_{p.сж}$ меньше, чем при ходе отбоя $\mu_{p.отб}$. Соотношение между ними» [5]: $\mu_{p.сж} = (0,1 - 0,25) \mu_{p.отб}$. это совершают для того, чтобы исключить большие усилия на ходе сжатия амортизатора, тем самым не давая увеличиться жесткости подвески. При ходе отбоя происходит поглощение большей части энергии колебательного процесса.

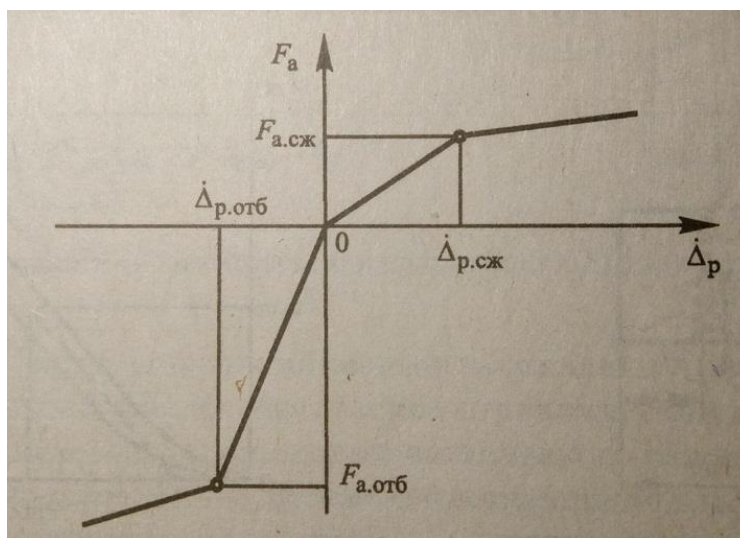


Рисунок 1.3 - Аппроксимированная характеристика гидравлического амортизатора

При высоких скоростях деформации возможна перезагрузка деталей амортизатора. Для её недопущения применяют разгрузочные клапана, которые уменьшают коэффициенты $\mu_{p.сж}$ и $\mu_{p.отб}$ при превышении Δp некоторых значений $\Delta p_{сж}$ и $\Delta p_{отб}$. При обычных эксплуатационных режимах движения автотранспорта, эти клапана закрыты. Они начинают свою работу только при резких ударах колес о неровности дорожной поверхности. Открытие этих клапанов происходит при скорости Δp , которая примерно равна 0,4 м/с.

Из-за сил трения между составных частей подвески, гистерезисных

потерь в материале деформируемых компонентов подвески, а так же шин, происходит рассеивание энергии колебаний.

На рис. 1.4 показаны графики затухания колебаний колеса находящегося в покое (а) и катящегося по барабану с минимальным трением со скоростью 20 км/ч (б). Разумеется, что в первом случае рассеивание энергии значительно превышает значение, по сравнению со вторым.

Доказательством этого процесса является то, «что скорость деформации элементов беговой дорожки шины при качении существенно больше скорости деформаций от вертикальных колебаний» [5].

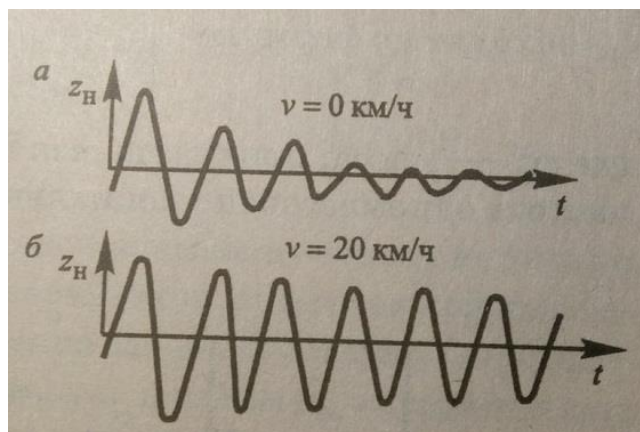


Рисунок 1.4 - Свободные колебания неподрессоренной массы: а - на неподвижной шине, б – на катящейся

«Рассмотрим методику определения параметров виброзащитной системы при функциональном проектировании автомобиля. Определению подлежат коэффициенты жесткости упругих элементов подвески и шин, статические деформации и ходы сжатия упругих элементов. При этом используют принцип декомпозиции виброзащитной системы, выделяя из нее элементарные динамические подсистемы, называемые парциальными системами» [3].

«В современной технике используется огромное количество разнообразных автоматических устройств и систем, отличающихся друг от

друга физической природой, принципом действия, схемными и конструктивными решениями. Однако все эти устройства и системы предназначены для решения лишь нескольких основных задач автоматизации, к которым относятся: сигнализация, контроль, блокировка и защита, пуск и остановка, управление» [16].

«Системы автоматической сигнализации - предназначены для извещения обслуживающего персонала, водителя о состоянии той или иной технической установки, о протекании какого-либо процесса (пример - датчик-указатель)» [16].

«Системы автоматического контроля осуществляют без участия человека контроль различных параметров и величин, характеризующих работу какого-либо процесса (пример – термостат)» [16].

«Системы автоматической блокировки и защиты служат для предотвращения возможности возникновения аварийных ситуаций в агрегатах, устройствах. Когда какая-то величина, характеризующая поведение защищаемого объекта, достигает своего критического значения, система автоматической блокировки и защиты оказывает воздействие на защищаемый объект, частично или полностью прекращая его работу (пример - предохранитель)» [16].

«Системы автоматического пуска и остановки обеспечивает включение, остановку различных двигателей, приводов по заранее заданной программе (пример - двигатель вентилятора системы охлаждения двигателя).

Системы автоматического управления предназначены для управления работой тех или иных агрегатов или протеканием каких-либо процессов.

Важнейшим и наиболее сложными системами являются системы автоматического управления» [16].

«Управлением в широком смысле слова называется организация какого-либо процесса, обеспечивающая достижение поставленной цели.

В зависимости от назначения все системы автоматического управления могут быть разбиты на системы автоматического регулирования и

кибернетические системы. Кибернетические системы в данной дисциплине не рассматриваются» [16].

«Системы автоматического регулирования (САР) решают задачи регулирования тех или иных технических агрегатов.

Прикладная инженерная дисциплина, изучающая принципы построения и методы расчета систем автоматического управления, называется теорией автоматического управления. Таким образом, системы автоматического регулирования представляют собой частный случай систем автоматического управления» [16], «а изучающая их наука – теория автоматического регулирования – является одним из разделов теории автоматического управления (ТАУ)» [17].

«В теории автоматического управления рассматривают математическую модель САУ, то есть модель, которая получается в результате математического описания системы. Для получения описания САУ обычно используют описание её отдельных элементов. В частности, для получения управлений САУ составляют уравнения каждого входящего в него элемента. Совокупность полученных уравнений и даёт аналитическое описание САУ»[16].

«Математическое описание динамики САУ обычно производится путем составления системы дифференциальных уравнений. Строго говоря, любая реальная динамическая система является нелинейной. Однако большинство непрерывных систем управления могут быть линеаризованы, то есть заменены приближенно эквивалентными системами, переходные процессы в которых описываются обыкновенными линейными дифференциальными уравнениями с постоянными коэффициентами. Такие системы управления называются линейными» [16].

«Линеаризация исходных систем основывается на методе малых отклонений. Сущность метода заключается в том, что динамические свойства системы управления исследуются не во всем возможном диапазоне изменения переменных систем, а вблизи их некоторых значений,

соответствующих характерным режимам работы (например, установившимся режимам)» [23].

Любая автоматическая система состоит из динамических звеньев.

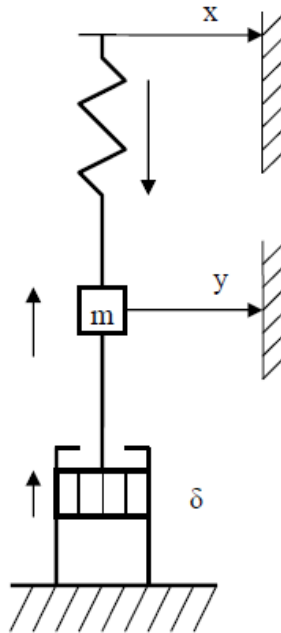


Рисунок 1.5 - Механическая модель колебательного звена

«Например, колебательное звено. Рассмотрим механическую систему, пример которой приведен» [7] на рисунке 1.5. «Если приложить входную величину x , то пружина сначала сожмется, затем начнется перемещение массы, которая, двигаясь, по инерции, пройдет положение равновесия и растян timer пружину. Составим уравнение. Сумма всех сил, действующих на систему $\sum_{i=1}^n P_i = 0$, при приложении x инерционные силы и силы сопротивления вязкой среды будут действовать в обратную сторону» [40]:

$$P_{\text{упр}} - P_{\text{ин}} - P_{\text{в.с.}} = 0; P_{\text{упр}} = C(x - y) \quad (1.8)$$

$$P_{\text{ин}} = m\ddot{y}; P_{\text{в.с.}} = \delta\dot{y} \quad (1.9)$$

Где \dot{y} -скорость перемещения.

Подставляя значения $P_{упр}$ $P_{ин}$ $P_{в.с.}$ в уравнение $\sum_{i=1}^n P_i = 0$, получим:

$$-C_y - m\ddot{y} - \delta\dot{y} = -C_x \quad (1.10)$$

Разделим обе части этого уравнения на C , тогда:

$$y + T_1\ddot{y} + T_2\dot{y} = x \quad (1.11)$$

Где $T_1 = m/C$; $T_2 = \delta/C$.

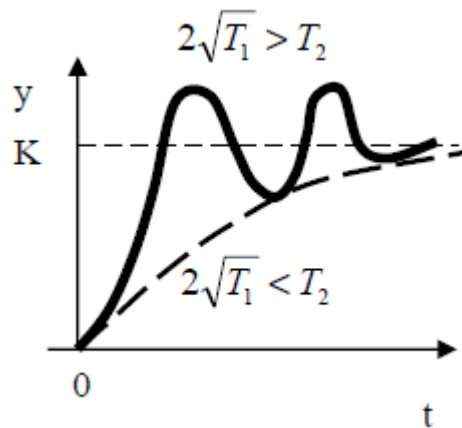


Рисунок 1.6 - Переходная характеристика колебательного звена

2 Обзор стендов

«В работе рассмотрены следующие виды стендов для измерения плавности хода автомашины:

- 1) Стенд для измерения плавности хода автомашины;
- 2) Устройство для испытания амортизаторов подвески автомобилей»[3].

2.1 Стенд для измерения плавности хода автомобиля

«Исследования колебаний и плавности хода автомобиля в лабораторных условиях проводятся различными методами.

Можно проводить испытания двух типов; в автоматическом режиме необходимо просто установить транспортное средство»[1] «на измерительных пластинах и испытание начнется автоматически. В ручном режиме, через несколько секунд после установки транспортного средства на стенде, появится экран, в котором можно задать испытываемые оси (переднюю или заднюю). По завершении измерительного цикла (например, для передней оси), на экране отобразятся следующие результаты: Максимальное смещение оси (мм.) в резонансе. Эффективность работы амортизаторов в процентах»[2].

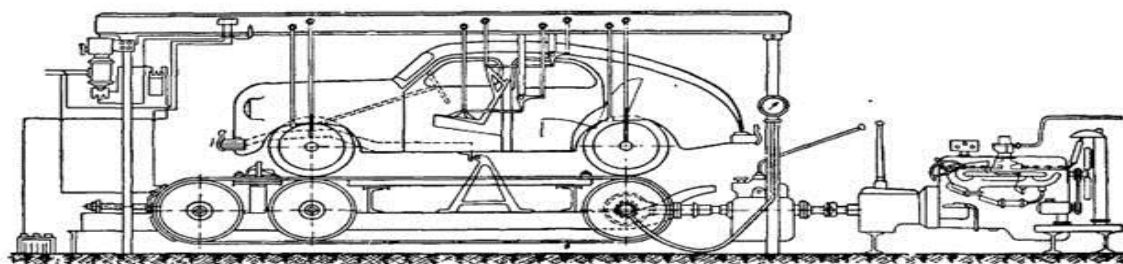


Рисунок 2.1 - Стенд для измерения плавности хода

«Частота включения, подаваемая на испытательное оборудование (16Гц) выше, чем резонансная частота колебаний, генерируемых колесом и

соединенными с ним механическими частями, амортизатором подвески и пружиной, осью и ее весом, а также весом измерительной пластины.

При достижении частоты включения, вибрация поступающая на измерительные пластины от двигателя, гасится» [1]. «В этот момент не подвешенная часть системы подвергается частотному сканированию частотой, генерируемой измерительными пластинами до их остановки» [1].

«Испытуемый блок ведет себя свободно, не испытывая влияний боковых сил и колебаний силы между шиной и измерительной пластиной, поскольку более эластичный пружинный эффект пластины может сопровождать все движение, развиваемое колесом, вызывая постоянный контакт между колесом и измерительной пластиной. Во время частотного сканирования, при достижении резонансной частоты системы, не подвешенная часть системы подвергается колебаниям с увеличивающейся амплитудой. Максимальной амплитуды колебания достигают по достижении резонансной частоты» [1].

«При прохождении резонансной частоты, амплитуда колебаний начинает уменьшаться до момента, когда можно наблюдать небольшой рост амплитуды в результате вхождения в резонанс с подвешенными компонентами транспортного средства.

Амплитуды колебаний отражаются в движении измерительных пластин, которые постоянно следуют за колебаниями, генерируемыми колесом испытуемого транспортного средства. Амплитуды колебаний фиксируются и сохраняются в электронном виде» [3].

2.2 Стенд для испытаний амортизаторов подвески автомобилей

«Стенд для испытаний амортизаторов автомобилей представляет собой следующее: на раме 4 установлен электродвигатель 1 мощностью пять» [2] «киловатт, передающий крутящий момент на промежуточный вал 2, на котором закреплен маховик 3. Крутящий момент с помощью кривошипно-

шатунного механизма (КШМ) преобразуется в возвратно-поступательное движение ползуна,двигающегося по направляющей 5. Шток испытуемого амортизатора 7 крепится к датчику силы тензометрического типа 6 через специальный переходник» [1].

«Стенд позволяет построить рабочие диаграммы амортизатора (представляющие собой зависимость силы сопротивления от хода поршня) на ходах поршня и частотах, обеспечивающих максимальные скорости поршня в пределах 0,08 – 1,0 м/с» [3].

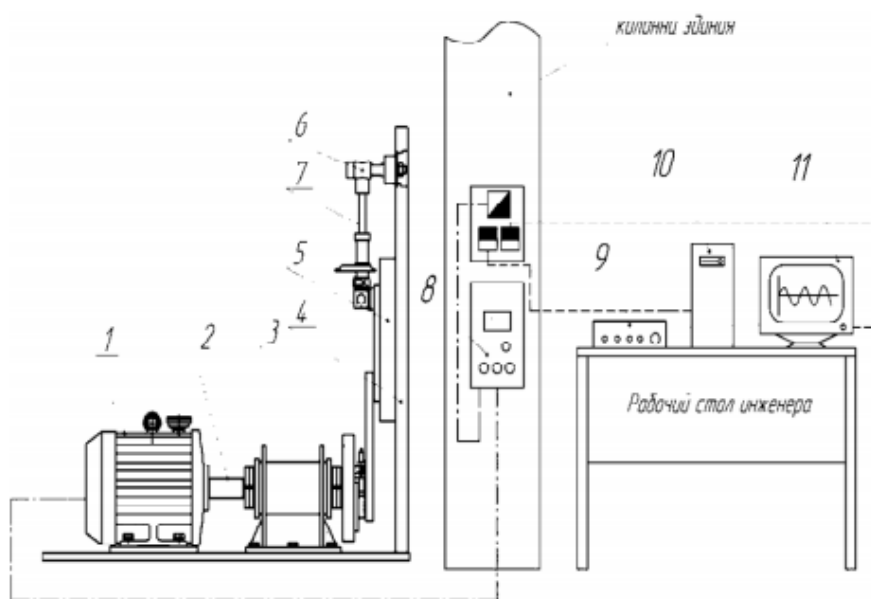


Рисунок 2.4 -Схема стенда для испытания амортизаторов автомобиля

«По этим данным строят характеристику амортизатора являющейся зависимостью усилия сопротивления от скорости перемещения штока, которая служит исходным материалом для определения коэффициентов сопротивления амортизатора с закрытыми и открытыми клапанами отбоя или сжатия» [3].

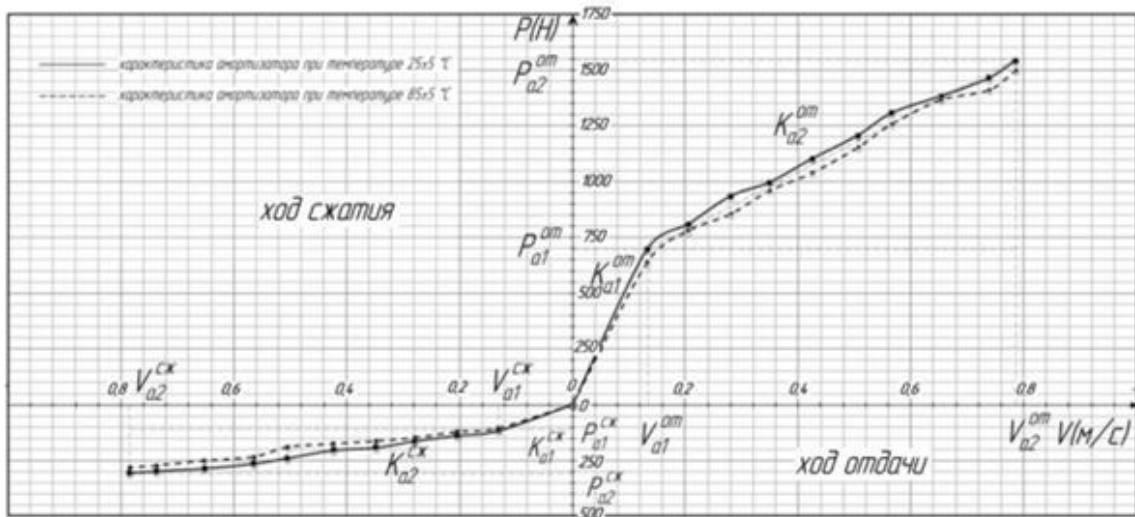


Рисунок 2.5 - Характеристика амортизатора при ходе поршневой 100мм

«В результате проведенного анализа выявлено, что есть много стендов позволяющих испытывать автомобили на плавность хода до дорожных испытаний, то есть улучшать это эксплуатационное свойство на стадии проектирования» [1].

3 Лабораторная установка по определению собственных колебаний поддресоренной массы

В данной работе разработана лабораторная установка, с помощью которой можно определить собственные колебания поддресоренной массы, изображенный на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1 Схема лабораторной установки для определения собственных колебаний поддресоренной массы

Лабораторная установка состоит из:

1. рама;
2. барабан;
3. пишущее устройство;
4. пружина и амортизатор;
5. крюк;

6. гиря;
7. крепление пишущего устройства;
8. вал соединительный;
9. пластина крепления электродвигателя;
10. подшипник;
11. электродвигатель.

Принцип работы:

К раме (1) приварена пластина крепления электродвигателя (9) с прикрепленным к ней электродвигателем (11). На раме (1) установлен барабан в сборе (2) в упорном подшипнике (10) и через соединительный вал (8) соединен с электродвигателем (11).

На раме (1) также закреплены элементы подвески (4), к которым приварено крепление пишущего устройства (7) с закрепленным на нём карандашом (3). К элементам подвески (4) прикреплен крюк (5) с гирей (6).

Запуская электродвигатель (11), получаем вращательное движение барабана со скоростью 2,2 сек. на один оборот. Передавая усилие на гирю, а именно, оттягивая сверху вниз, тем самым, вызывая колебательные движения гири (6) Пишущее устройство (3) «записывает колебания на миллиметровый лист бумаги, закрепленной на поверхности барабана» [3] (2).

Таким образом, получается график с затухающими колебаниями (рис 3.2)

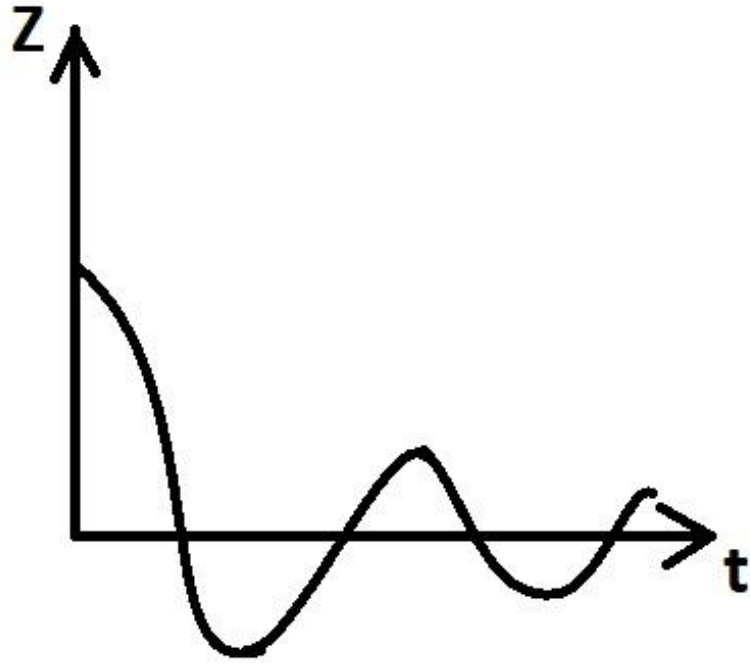


Рисунок 3.2 - График затухающих колебаний поддресоренной массы

4 Тяговый расчет

«Таблица 4.1- Данные для расчет» [3]

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 рассчитывается по формуле 4.1:

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

«Где – m_a - снаряженная масса автомобиля;

m_0 - снаряженная масса автомобиля;

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

n - число пассажиров, включая водителя;

$m_{\text{г}}$ -масса груза по 10 кг на 1 человека» [5].

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

«Нагрузка по осям

Масса которая прикладывается на заднюю ось 40%» [5]

«Масса которая прикладывается на переднюю ось 60%» [5]

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

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

Подбор шин

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

«Где d – посадочный диаметр шины;
 λ_z – коэффициент вертикальной деформации, зависящий от типа шин.»[9]

$$\frac{H}{B} = 0,65 \text{ мм}$$

На дорогах с твердым покрытием:

$$r_{cm} \approx r_d \approx r_k$$

«Где r_d – динамический радиус колеса;
 r_k – радиус качения колеса.

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

Коэффициент обтекаемости рассчитываем по формуле 4.3:

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

Где ρ – плотность воздуха в нормальных условиях 760 мм.рт.ст.»[9]

$$\rho = 1,293$$

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

Лобовая площадь

Лобовая площадь рассчитывается по формуле 4.4:

$$F = 0,8 \cdot B_r \cdot H_r \quad (4.4)$$

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

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

«Коэффициент сопротивления качению рассчитываем по формуле 4.5»[5]:

$$f = f_0 \left(1 + \frac{V^2}{2000} \right) \quad (4.5)$$

«Где f_0 – коэффициент сопротивления качению автомобиля с малой скоростью» [5];

V – скорость автомобиля в м/с.

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

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

4.2 Определение передаточного числа главной передачи

$$U_0 = \frac{r_k}{U_k} \cdot \frac{\omega_{max}}{V_{max}} \quad (4.6)$$

Где ω_{max} – максимальная угловая скорость коленчатого вала.

$$n_{max} = 5600 \text{ об/мин}$$

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

$$U_k = 0,78$$

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

4.3 Расчет внешней скоростной характеристики

«Мощность двигателя при максимальной скорости рассчитываем по формуле 4.7» [3]:

$$N_v = \frac{1}{\eta_{тр}} \left(G_a \cdot \psi_v \cdot V_{max} + \frac{c_x \cdot \rho}{2} \cdot F \cdot V_{max}^3 \right) \quad (4.7)$$

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

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

$$\psi_v = f \quad (4.8)$$

$$N_v = \frac{1}{0,92} \left(14842,53 \cdot 0,027 \cdot 50 + \frac{0,32 \cdot 1,293}{2} \cdot 1,9 \cdot 50^3 \right) = 75145 \text{ Вт}$$

«Максимальная мощность двигателя»[4]

$$N_{\max} = \frac{N_v}{a \cdot \lambda + b \cdot \lambda^2 - c \cdot \lambda^3} \quad (4.9)$$

Где a, b, c – эмпирические коэффициенты.

$$a = b = c = 1$$

$$\lambda = \frac{\omega_{\max}}{\omega_N} \quad (4.10)$$

Принимаем $\lambda = 1,15$

$$\omega_N = \frac{\omega_{\max}}{\lambda} \quad (4.11)$$

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

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

Рассчитываем внешнюю скоростную характеристику по формуле 4.12:

$$N_e = N_{\max} \left(a \cdot \frac{\omega_e}{\omega_N} + b \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - c \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right) \quad (4.12)$$

«Для построения кривой эффективного момента двигателя применим формулу 4.13»[3]:

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e} \quad (4.13)$$

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 4.2.

Таблица 4.2-Результаты расчета зависимости

п, об/мин	800	1600	2400	3200	4000	4800	5600
w	83,78	167,55	251,33	335,1	418,88	502,66	586,43
Ne	14754,72	31669,19	48646,52	63582,11	74378,62	78932,97	75145,1
M	176,11	189,01	193,55	189,74	177,57	157,03	128,14

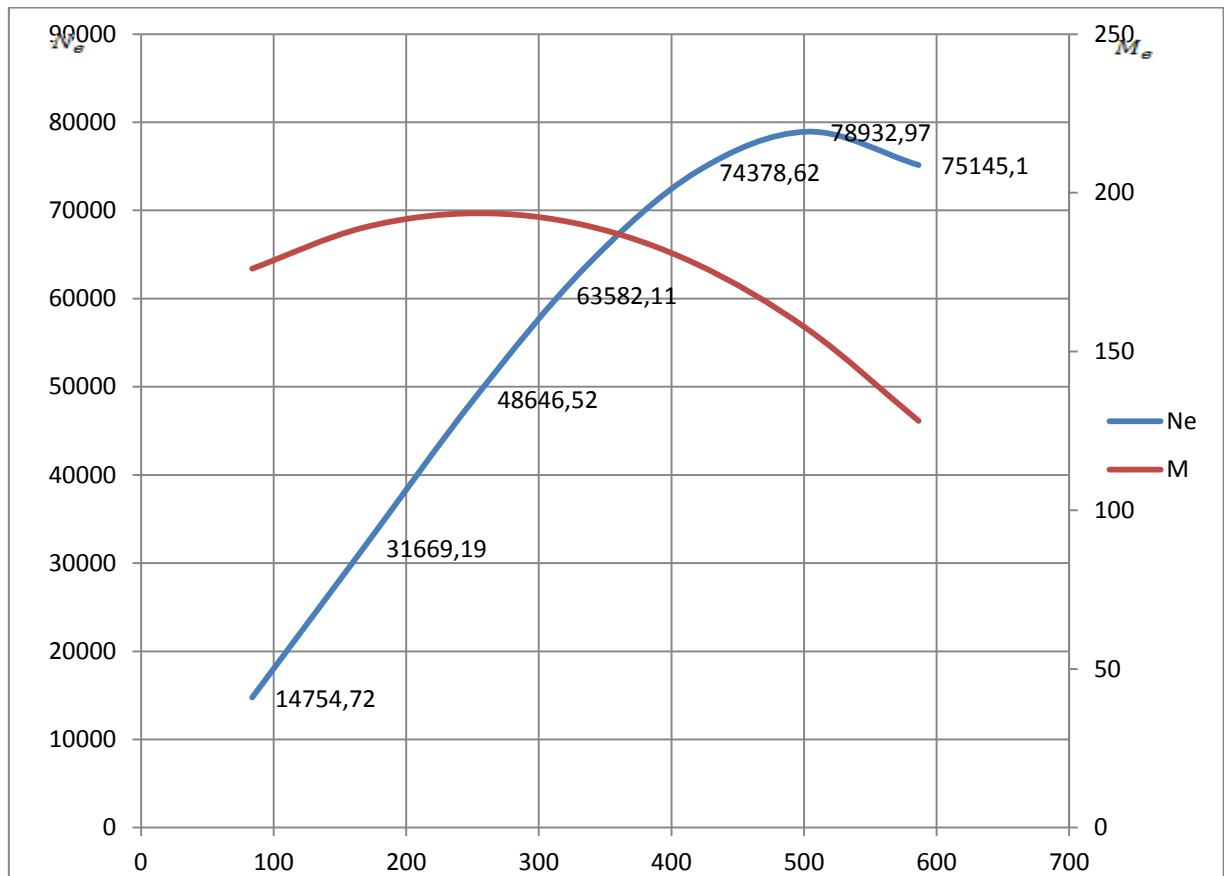


Рисунок 4.1 – Внешняя скоростная характеристика двигателя

4.4 Определение передаточных чисел коробки передач

Определим передаточное число первой передачи по формуле 4.14:

$$\frac{M_{\max} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot U_0 \cdot U_1}{r_k} \geq G_a \cdot \psi_{\max} \quad (4.14)$$

или по формуле 4.15

$$U_1 \geq \frac{G_a \cdot \psi_{\max} \cdot r_k}{M_{\max} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot U_0} \quad (4.15)$$

«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» [3].

$$\frac{M_{\max} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot U_0 \cdot U_1}{r_k} \leq G_{\text{сц}} \cdot \varphi \quad (4.16)$$

Или

$$U_1 \leq \frac{G_{\text{сц}} \cdot \varphi \cdot r_k}{M_{\max} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot U_0} \quad (4.17)$$

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

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

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

Примем $U_1 = 2,0$

«Передаточные числа для пятиступенчатой коробки передач» [3]:

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

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

$$U_4 = 1$$

$$U_5 = 0,78$$

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

Произведем расчет скорости автомобиля для каждой передачи рассчитываем по формуле 4.18:

$$V = \frac{r_k \cdot \omega_e}{U_0 \cdot U_n} \quad (4.18)$$

Где U_n – передаточное число коробки передач;

ω_e – текущие значения угловой скорости вала.

Таблица 4.3-Расчет скорости автомобиля

п, 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

Продолжение таблицы 4.3

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 представлено в формуле 4.19:

$$P_T = P_d + P_B + P_{и} \quad (4.19)$$

«Где P_T – сила тяги;

P_d – сила дорожного сопротивления;

P_B – сила сопротивления воздуха;

$P_{и}$ – сила сопротивления разгону автомобиля.

Сила тяги на ведущих колесах для каждой передачи рассчитывают по формуле 4.21»[9]:

$$P_T = \frac{U_k \cdot U_0 \cdot M_e \cdot \eta_{тр}}{r_k} \quad (4.20)$$

«Где U_k – передаточное число коробки передач;

M_e – величина эффективного момента двигателя (Нм).

Сила сопротивления дороги рассчитывается по формуле 4.21»[9]:

$$P_d = G_a \cdot \psi \quad (4.21)$$

$$\psi = i + f, \text{ т.е.}$$

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

«Сила сопротивления воздуха рассчитывается по формуле 4.22» [3]:

$$P_B = \frac{c_x \cdot \rho \cdot F \cdot V^2}{2} \quad (4.22)$$

Рассчитаем тяговую силу на ведущих колесах автомобиля. Результаты расчетов сводим в таблицу 4.4 (представлена в приложении Б)

«Рассчитываем силу сопротивления воздуха и силу дорожного сопротивления» [3].

Таблица 4.5-Сила сопротивления

п, об/мин	P_B	P_D	
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

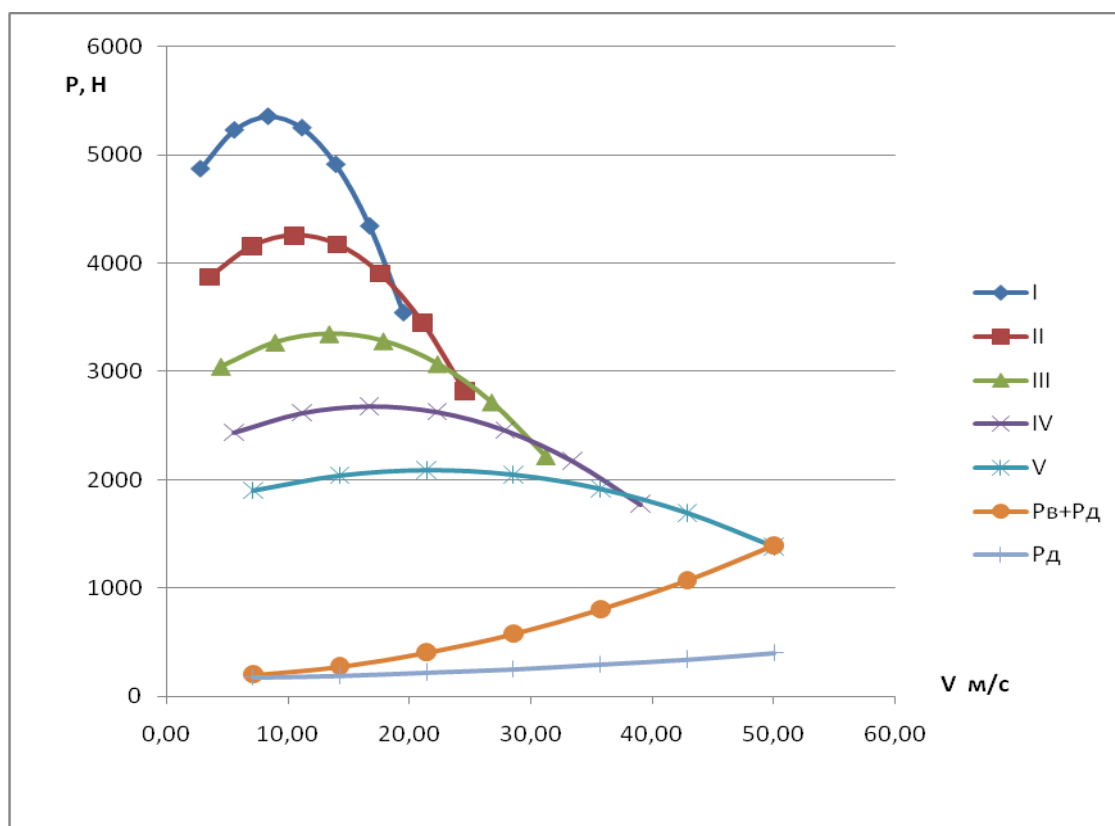


Рисунок 4.2-Тяговый баланс автомобиля

«Необходимо путем аналитического расчета посчитать сопротивление воздуха на всех передачах и составить таблицу» [3].

Таблица 4.6-Сопротивление воздуха

I		II		III		IV		V	
	P_B		P_B		P_B		P_B		P_B
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
I		II		III		IV		V	

4.6 Динамическая характеристика автомобиля

«Динамический фактор на соответствующей передаче рассчитываем по формуле 4.23» [3]:

$$D = \frac{P_T - P_B}{G_a} \quad (4.23)$$

«Где P_B – сила сопротивления воздуха;

P_m – тяговая сила на ведущих колесах автомобиля;

G_a – полный вес автомобиля.

Рассчитаем динамический фактор на каждой передаче» [3].

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

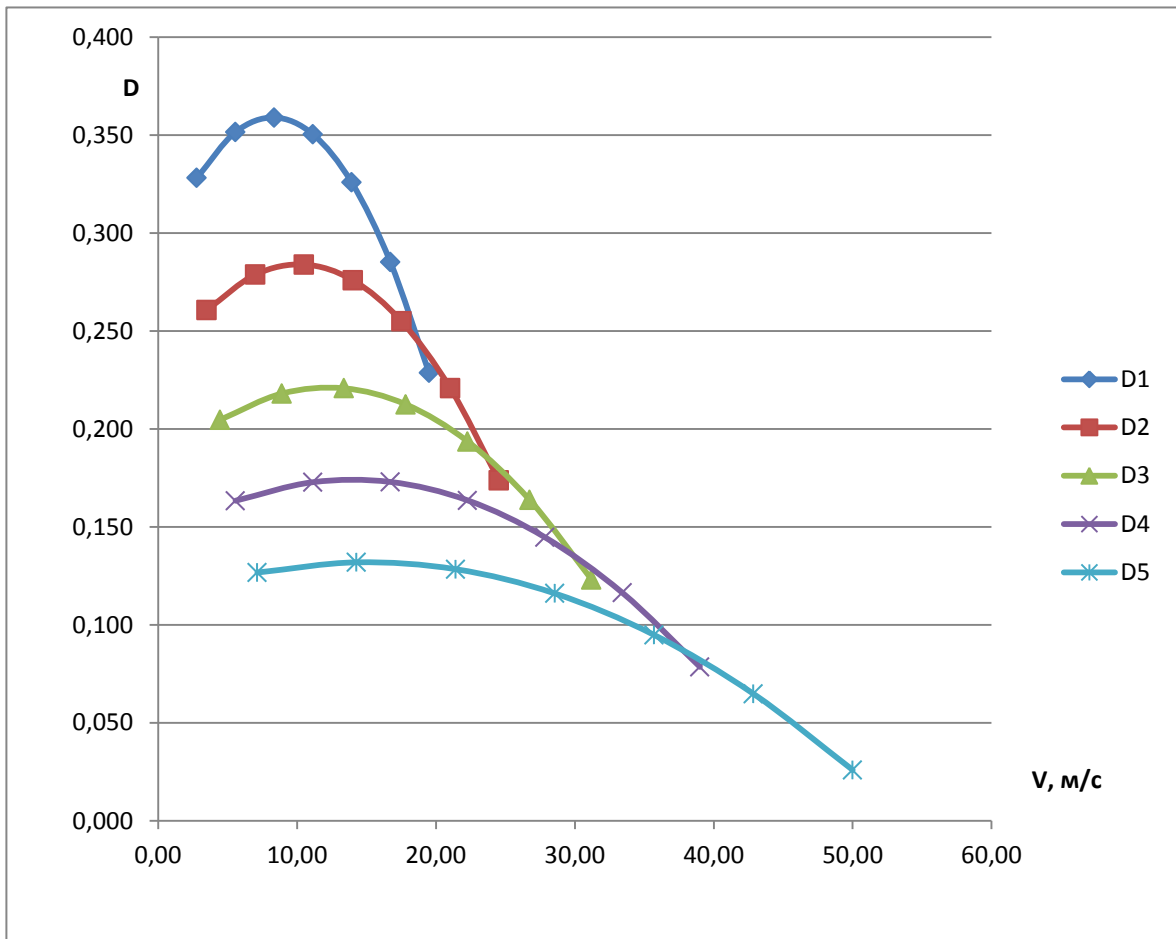


Рисунок 4.3-Динамический фактор

4.7 Разгон автомобиля

«Для того чтобы найти ускорения автомобиля по ровному нескользящему покрытию необходимо максимально использовать мощность двигателя и исключить скольжение ведущих колес» [43].

$$J = \frac{(D - f) \cdot g}{\delta_{вр}} \quad (4.24)$$

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

$$\delta_{вр} = 1 + \frac{(I_M \cdot \eta_{тр} \cdot U_{тр}^2 + I_K) \cdot g}{G_a \cdot r_k^2} \quad (4.25)$$

Где I_M – момент инерции вращающихся частей двигателя;

$U_{\text{тр}} = U_0 \cdot U_{\text{к}}$ – «передаточное число трансмиссии;

$I_{\text{к}}$ – суммарный момент инерции ведущих колес.

Определим коэффициент вращающихся масс по формуле 4.26:»[3]

$$\delta_{\text{вр}} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_{\text{к}}^2) \quad (4.26)$$

«Где δ_1 – коэффициент учета вращающихся масс колес;

δ_2 – коэффициент учета вращающихся масс двигателя.

Примем $\delta_1 = \delta_2 = 0,04$

Рассчитаем коэффициент вращающихся масс на каждой передаче.»[9]

Таблица 4.8- Коэффициент вращающихся масс

I	II	III	IV	V
1,20	1,14	1,10	1,08	1,06

«Коэффициент сопротивления качению на каждой передаче рассчитываем по формуле 4.27» [3]:

$$f = f_0 \left(1 + \frac{v^2}{2000} \right) \quad (4.27)$$

$$f_0 = 0,012$$

Таблица 4.9-Сопротивлению качению

n, об/мин	I	II	III	IV	V
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 4.10» [3].

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

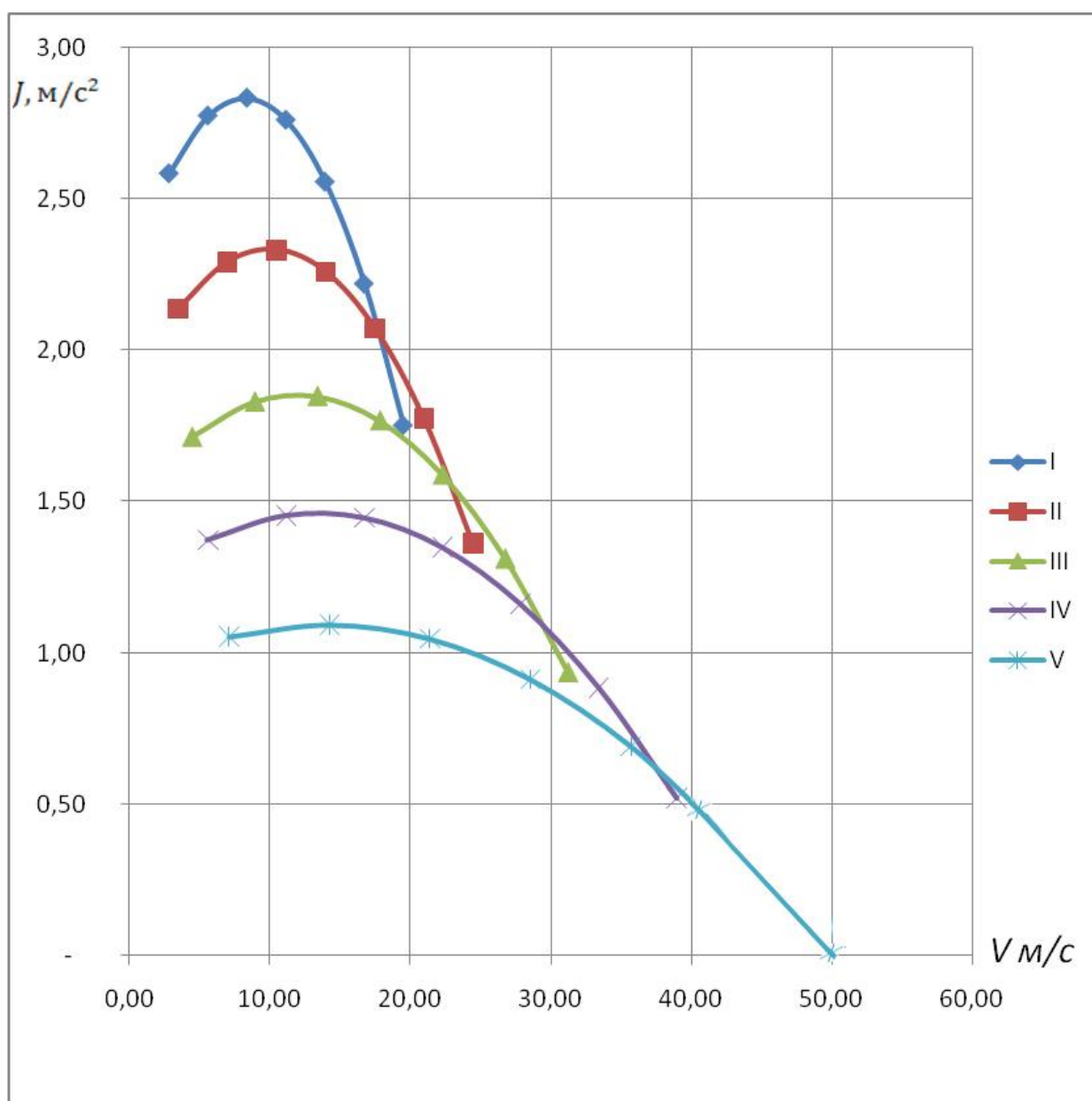


Рисунок 4.4-Ускорения автомобиля

Рассчитаем обратные ускорения

«Поскольку при скоростях близких к максимальной ускорение стремится к нулю, то для расчёта обратных ускорений ограничиваются скоростью $V=(0,8\dots 0,9)V_{\max}$ » [43].

Таблица 4.11-Результаты расчета обратного ускорения

п, 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
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

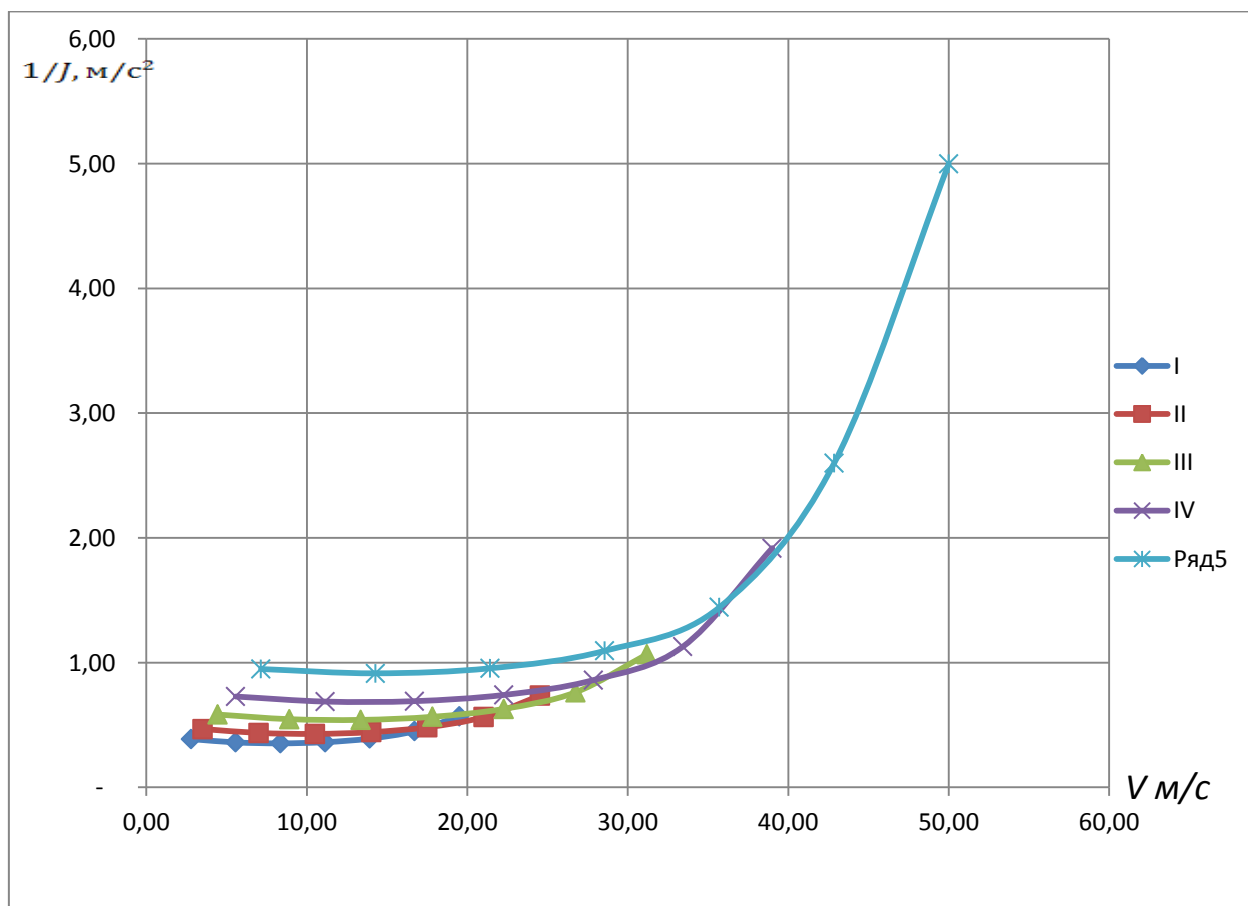


Рисунок 4.5 –Обратные ускорения автомобиля

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» [43].

$$v_{\text{мин}} = 2,79 \text{ м/с}$$

$$v_{\text{макс}} = 50 \text{ м/с}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

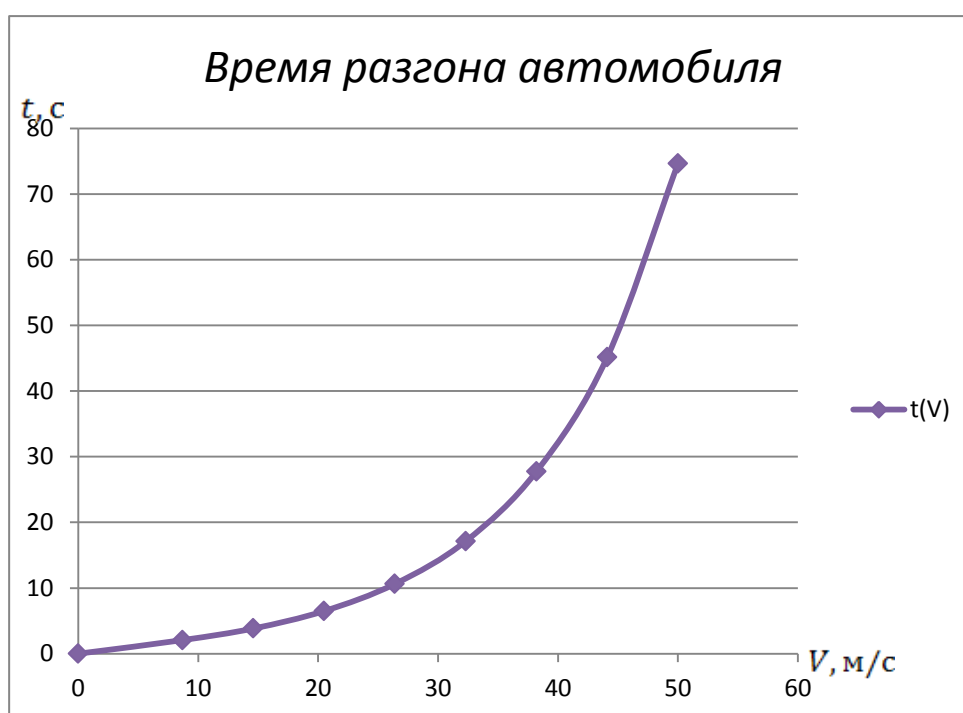


Рисунок 4.6-Время разгона автомобиля

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$v, \text{ м/с}$	$S, \text{ м}$	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

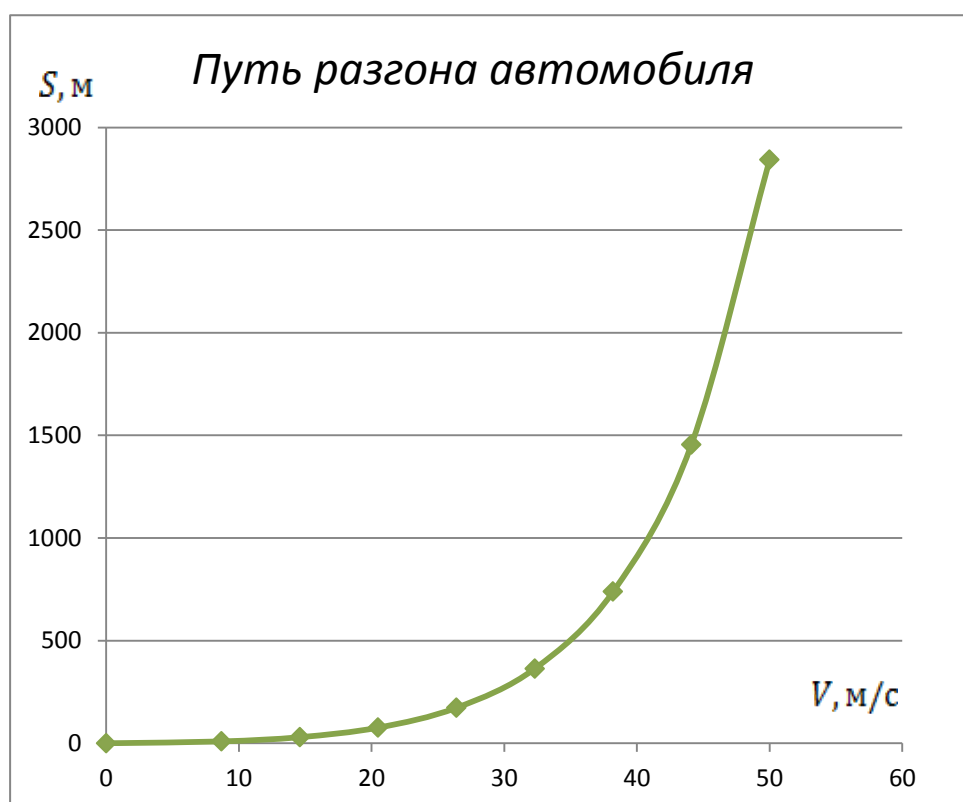


Рисунок 4.7 – Путь разгона автомобиля

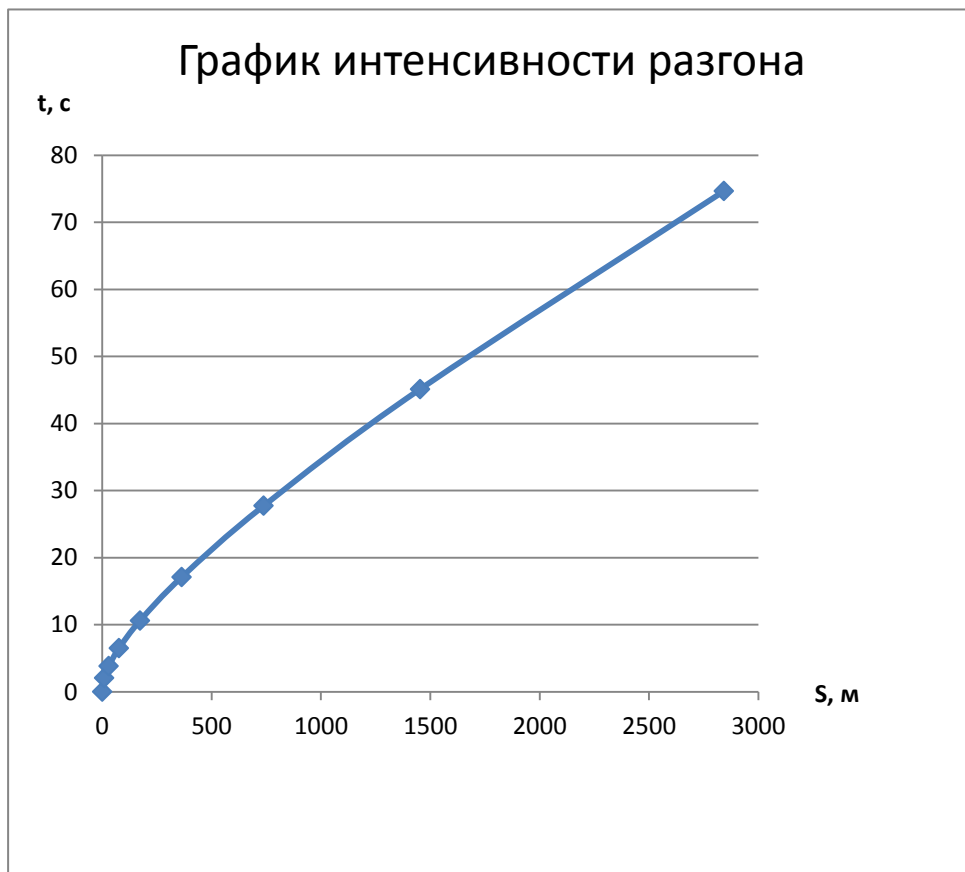


Рисунок 4.8- График интенсивности разгона

4.9 Мощностной баланс автомобиля

«Уравнение мощностного баланса рассчитываем по формуле 4.28:

$$N_T = N_e - N_{тр} = N_f + N_{\Pi} + N_B + N_{и} \quad (4.28)$$

Где 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 сопротивления качения колес;

$N_{\Pi} = P_{\Pi} \cdot V$ – 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» [49]

«сопротивления инерции;

$N_d = P_d \cdot V = N_f + N_{\Pi}$ – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления дороги» [43].

Составим таблицу 4.14 (представлена в приложении В).

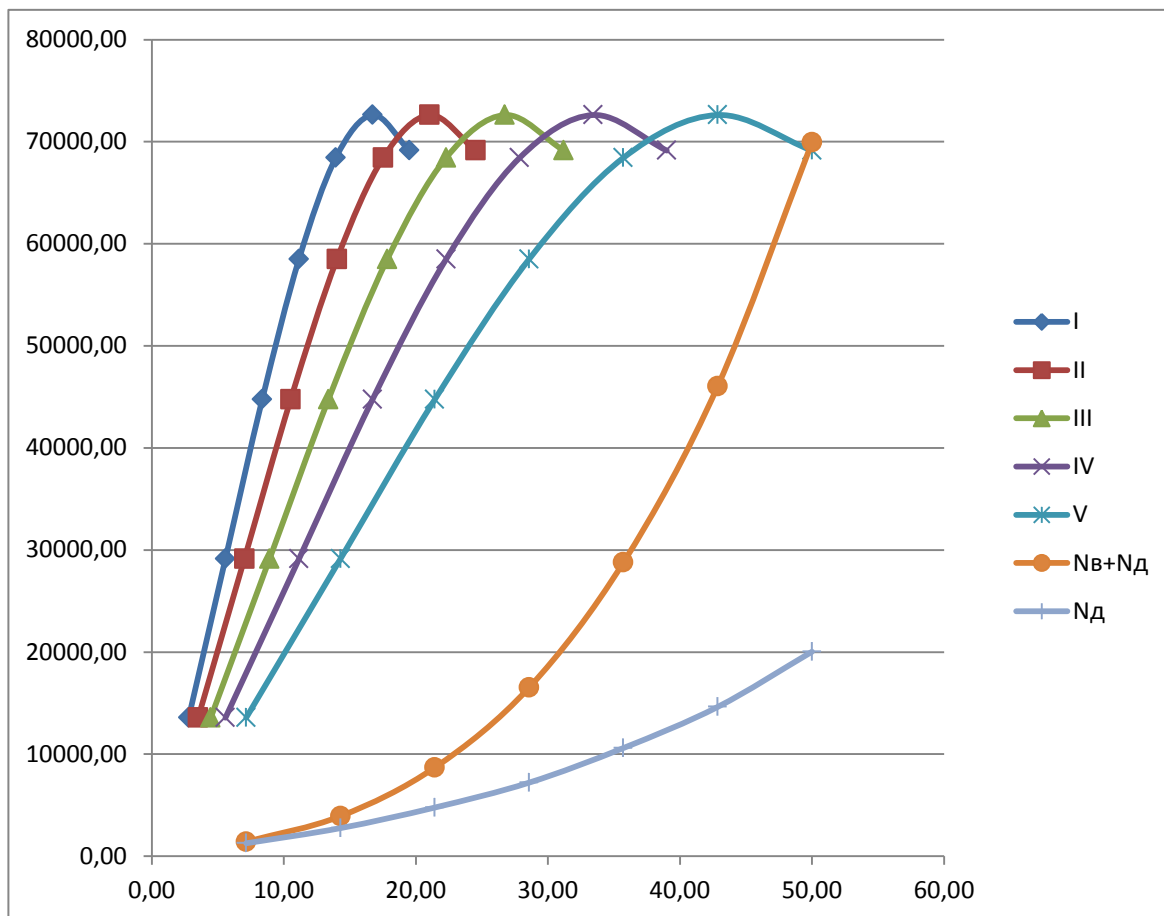


Рисунок 4.9-Мощностной баланс автомобиля

4.10 Топливо-экономическая характеристика

$$q_{\Pi} = \frac{k_{\text{СК}} \cdot k_{\text{И}} \cdot (P_d + P_{\text{И}}) \cdot g_{\text{emin}} \cdot 1,1}{36000 \cdot \rho_{\text{T}} \cdot \eta_{\text{ТР}}} \quad (4.29)$$

«Где $k_{\text{СК}}$ – коэффициент учитывающий изменение эффективного расхода топлива в зависимости от ω ;

$k_{\text{И}}$ – коэффициент учитывающий изменение эффективного расхода топлива в зависимости от N ;

g_{emin} – минимальный эффективный расход топлива (принимаяем равным 340 г/кВт ч);

ρ_T – плотность топлива (принимаяем равной 0,72 кг/л).

Коэффициенты $k_{ск}$ и $k_{и}$ определяем по графикам» [5]

Таблица 4.15 – Топливо-экономическая характеристика

$V, \text{ м/с}$	7,14	14,29	21,43	28,57	35,72	42,86	50,00
ω_e/ω_N	0,16	0,33	0,49	0,66	0,82	0,99	1,15
$k_{ск}$	1,12	1,03	0,99	0,97	0,96	1,01	1,11
$(N_e + N_d)/N_m$	0,10	0,13	0,19	0,28	0,42	0,63	1,01
$k_{и}$	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

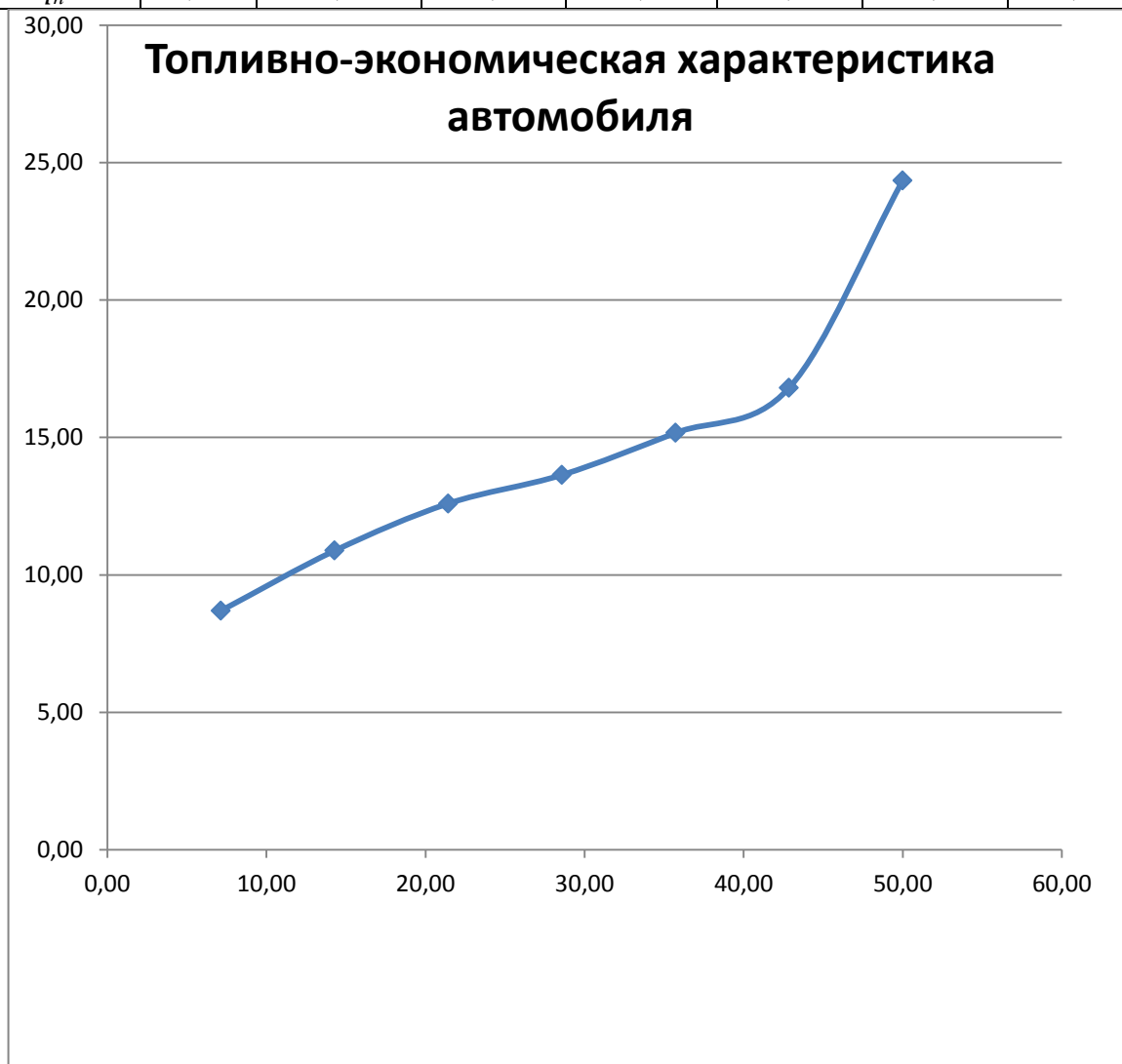


Рисунок 4.10-Топливо-экономическая характеристика автомобиля

5 Обеспечение безопасности на слесарном участке механосборочного экспериментального производства

5.1 Меры безопасности на механосборочном участке экспериментального производства

В данной работе рассматриваются меры безопасности на механосборочном участке экспериментального производства, где осуществляется изготовление стенда.

Механосборочный участок экспериментального производства располагается на территории института машиностроения.

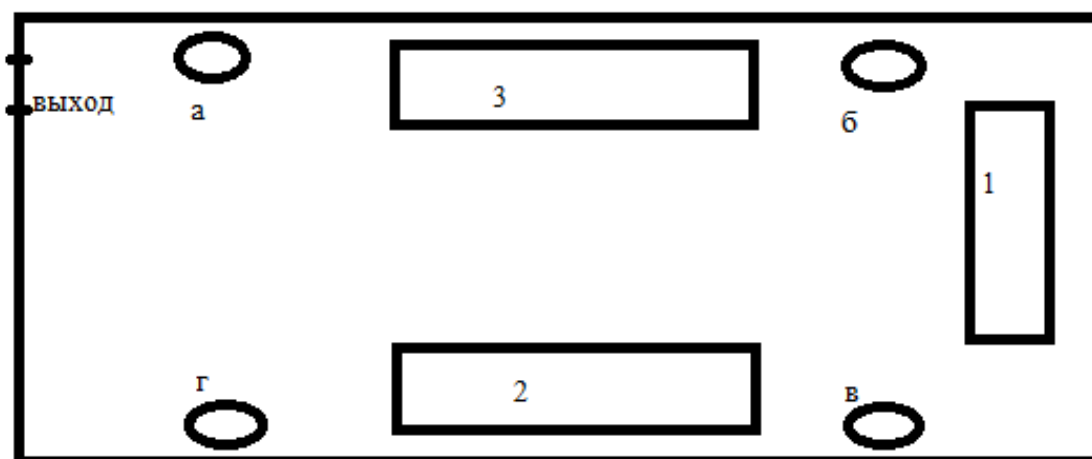


Рисунок 5.1 - Механосборочный участок экспериментального производства.

Участок размещается в отдельном помещении площадью 18 м²

На участке:

1. Сварочный аппарат;
2. Сверлильный станок;
3. Стол с угловой шлифовальной (отрезной) машиной.

5.2 Меры безопасности при проведении работ на участке

Каждый работник проходит инструктаж по мерам безопасности перед началом работ.

Инструкция по безопасности при проведении работ, размещается непосредственно на участке.

Меры безопасности должны соблюдаться работниками при использовании оборудования и инструмента, размещенного на участке.

5.2.1 Сварочный аппарат

1. работник должен иметь допуск к работе;
2. запрещается работа на сварочном аппарате без разрешения старшего на участке;
3. при работе на сварочном аппарате важно соблюдать меры безопасности, надевать СИЗ:
 - a) костюм сварочный;
 - b) маска;
 - c) перчатки;
 - d) ботинки.
4. следует проводить постоянный контроль над целостностью провода заземления и сварочных кабелей. Для сварочных работ надо применять надежный и качественный инструмент и держатель электродов. Нужно следить за исправностью оборудования. При замеченных неисправностях сообщать старшему и прекращать работу;
5. для безопасности запрещается нахождение посторонних лиц;
6. риски получения термических ожогов;
7. проветривать помещение, потому что при сварке выделяются вредные газы;

8. люминесцентные лампы общей мощностью 300(лм). На схеме 1 показаны (а, б, в, г).

5.2.2 Сверлильный станок

1. работник должен иметь допуск к работе;
2. рабочий должен использовать СИЗ:
 - а) ботинки с металлоноском;
 - б) штаны плотные;
 - с) перчатки;
 - д) куртка плотная;
 - е) очки защитные.
3. проверять надежно ли закреплены заготовка и сверло;
4. опускать сверло плавно и без рывков;
5. не тормозить патрон руками во время использования станка;
6. перед работой накернять деталь;
7. не пользоваться не исправным или изношенным инструментом.

5.2.3 Угловая шлифовальная машина (УШМ)

УШМ - является опасным ручным электрофицированным инструментом. Круг машины вращается со скоростью 11000-12000 об/мин, и имеется риск травмирования при резке.

При работе с УШМ запрещается:

1. пользоваться УШМ без защитного кожуха, кожух должен быть между диском и оператором.
2. использовать изношенный диск
3. класть УШМ на стол до полной ее остановки

Меры по предотвращению травматизма:

1. надежное закрепление заготовки
2. рабочий должен использовать СИЗ:

- a) ботинки с металлоноском
- b) штаны плотные
- c) перчатки
- d) куртка плотная
- e) очки защитные

3. тщательная проверка диска на целостность

4. контролировать положение шнура электропитания, для исключения риска повреждения

5. не спешить и быть предельно внимательным.

Вывод: В рамках раздела мною были рассмотрены меры безопасности при работе на механосборочном участке экспериментального производства, а так же предложены мероприятия по снижению и предотвращению производственных травм при работе на участке.

6 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

«Целью данного раздела является построение и расчет параметров сетевого графика процесса проектирования» [2] данной лабораторной установки, расчет затрат на разработку и изготовление данной лабораторной установки, «а также расходов по ее эксплуатации» [2].

«В состав экономического раздела входят:

- расчет и построение сетевого графика;
- расчет затрат на проведение НИР;
- расчет эксплуатационных расходов;
- расчет экономического эффекта от внедрения результатов НИР»[2].

6.1 Сетевой график проведения НИР

«В ряде организационно-экономических задач, решаемых в процессе создания устройства важное значение имеют вопросы планирования работы, предполагающие четкую постановку целей и задач и доведение их до конкретных исполнителей, взаимосвязь всей совокупности проектных работ в единый целевой комплекс, разработку путей реализации поставленных задач с наименьшими затратами.

Сетевые графики в дипломном проектировании предполагают лишь предварительное и исходное планирование. Предварительное планирование»[2] включает в себя следующие этапы:

- «составление библиотеки событий;
- составление библиотеки работ;
- построение сетевого графика;
- определение трудоемкости работ» [2];
- «установление категорий и количества исполнителей по каждой

работе;

- расчет продолжительности работ;
- расчет продолжительности всех путей сетевого графика и выявление критического;
- расчет временных параметров событий сетевого графика;
- расчет временных параметров работы сетевого графика.

Построение сетевого графика при разработке программы начинается с составления библиотеки событий, приведенной в таблице 6.1(представлена в приложении Г)» [2].

«На основании библиотеки событий составляем библиотеку работ, таблица 6.2 (представлена в приложении Д)» [2]

«На основании библиотеки событий и библиотеки работ (таблицы 6.1 и 6.2) строится первичная модель сетевого графика (рисунок 6.1)» [2].

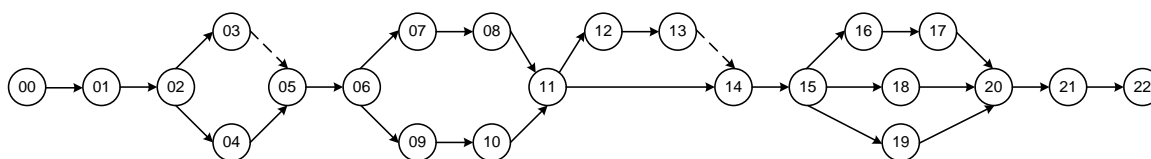


Рисунок 6.1 – Первичная модель сетевого графика

«Также на основании библиотеки событий и библиотеки работ (таблицы Таблица 6.1 и Таблица 6.2) с помощью ЭВМ могут быть определены средняя продолжительность каждой работы, критический путь, параметры сетевого графика, временные параметры работ. Результаты расчетов, выполненных программой, приведены в таблицах Таблица 6.3 – Таблица 6.6.

«Определяем продолжительность каждой работы, исходя из ее трудоемкости и количества исполнителей» [2].

Таблица 6.3 - Расчет продолжительности работ

Шифр работ	Трудоемк. работ в час, t_{ij}	Кол – во исполн.	t_{ij}^{\max} , в днях	t_{ij}^{\min} , в днях	$t_{ij}^{ож}$, в днях
00-01	10	2	0,63	0,50	0,55
01-02	24	1	3,00	2,40	2,64
02-03	72	1	9,00	7,20	7,92
02-04	24	1	3,00	2,40	2,64
04-05	24	1	3,00	2,40	2,64
03-05	0	0	0	0	0
05-06	24	1	3,00	2,40	2,64
06-07	10	1	1,25	1,00	1,10
07-08	72	1	9,00	7,20	7,92
06-09	15	1	1,88	1,50	1,65
09-10	24	1	3,00	2,40	2,64
08-11	48	1	6,00	4,80	5,28
11-12	24	1	3,00	2,40	2,64
10-11	0	0	0	0	0
12-13	40	1	5,00	4,00	4,40
11-14	24	1	3,00	2,40	2,64
13-14	0	0	0	0	0
14-15	15	1	1,88	1,50	1,65
15-16	72	1	9,00	7,20	7,92
16-17	10	1	1,25	1,00	1,10
15-18	10	1	1,25	1,00	1,10
15-19	10	1	1,25	1,00	1,10
15-21	10	2	0,63	0,50	0,55
17-20	10	2	0,63	0,50	0,55
18-20	10	2	0,63	0,50	0,55
19-20	10	2	0,63	0,50	0,55
20-21	48	1	6,00	4,80	5,28
21-22	3	1	0,38	0,30	0,33

Таблица 6.4 - Расчет продолжительности путей сетевого графика

№ пути	Продолж. работ, в днях	№ пути	Продолж. работ, в днях
1	51,9	17	44,0
2	49,3	18	41,4
3	41,9	19	34,0
4	39,3	20	31,4
5	47,5	21	39,6
6	44,9	22	37,0
7	37,5	23	29,6
8	34,9	24	27,0

Продолжение таблицы 6.4

9	44,0	25	37,6
10	41,4	26	35,0
11	34,0	27	27,6
12	31,4	28	25,0
13	39,6	29	33,2
14	37,0	30	30,6
15	29,6	31	23,2
16	27,0	32	20,6

«Из таблицы 6.4 самый продолжительный путь – путь №1, который и является критическим.

Состав работ критического пути» [2]

00-01-02-03-05-06-07-08-11-12-13-14-15-16-17-20-21-22

«Исходя из полученных результатов, может быть составлена окончательная модель сетевого графика с учетом критического пути (Рисунок 6.2)» [2].

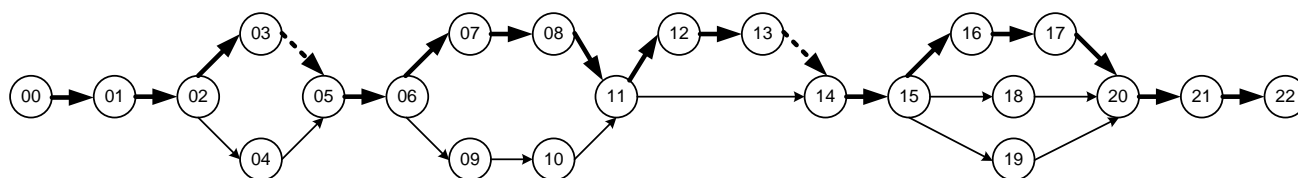


Рисунок 6.2 – Модель сетевого графика с учетом критического пути

Таблица 6.1 - Расчет временных параметров событий

Код событий	Ранний срок свершения событий, в днях, t_i^p	Поздний срок свершения событий, в днях, t_j^n	Резерв времени событий, в днях, R_i
00	0,0	0,0	0,0
01	0,6	0,6	0,0
02	3,2	3,2	0,0
03	11,1	11,1	0,0
04	5,8	8,5	2,6
05	11,1	11,1	0,0
06	13,8	13,8	0,0
07	14,8	14,8	0,0
08	22,8	22,8	0,0

Продолжение таблицы 6.5

09	15,4	25,4	10,0
10	18,0	28,0	10,0
11	28,1	28,1	0,0
12	30,7	30,7	0,0
13	35,1	35,1	0,0
14	35,1	35,1	0,0
15	36,7	36,7	0,0
16	44,7	44,7	0,0
17	45,8	45,8	0,0
18	37,8	45,8	8,0
19	37,8	45,8	8,0
20	46,3	46,3	0,0
21	51,6	51,6	0,0
22	51,9	51,9	0,0

Таблица 6.6 - Расчет временных параметров работ

Шифр работ	Ранний срок начала работ, в днях, t_{ij}^{pn}	Ранний срок окончан. работ, в днях, t_{ij}^{po}	Поздний срок начала работ, в днях, t_{ij}^{nn}	Поздний срок окончан. работ, в днях, t_{ij}^{nn}	Полный резерв времени работ, в днях, R_{ij}^n	Коэффициент напряж. работ, K_{ij}^n
00-01	0,00	0,55	0,00	0,55	0,00	1,00
01-02	0,55	3,19	0,55	3,19	0,00	1,00
02-03	3,19	11,11	3,19	11,11	0,00	1,00
02-04	3,19	5,83	5,83	8,47	2,63	0,67
04-05	5,83	8,47	8,47	11,11	2,63	0,67
03-05	11,11	11,11	11,11	11,11	0,00	1,00
05-06	11,11	13,75	11,11	13,75	0,00	1,00
06-07	13,75	14,85	13,75	14,85	0,00	1,00
07-08	14,85	22,77	14,85	22,77	0,00	1,00
06-09	13,75	15,40	23,76	25,41	10,0	0,30
09-10	15,40	18,04	25,41	28,05	10,0	0,30
08-11	22,77	28,05	22,77	28,05	0,00	1,00
11-12	28,05	30,69	28,05	30,69	0,00	1,00
10-11	18,04	18,04	28,05	28,05	10,0	0,30
12-13	30,69	35,09	30,69	35,09	0,00	1,00
11-14	28,05	30,69	32,45	35,09	4,40	0,38
13-14	35,09	35,09	35,09	35,09	0,00	1,00
14-15	35,09	36,74	35,09	36,74	0,00	1,00
15-16	36,74	44,66	36,74	44,66	0,00	1,00
16-17	44,66	45,76	44,66	45,76	0,00	1,00
15-18	36,74	37,84	44,66	45,76	7,92	0,17
15-19	36,74	37,84	44,66	45,76	7,92	0,17
15-21	36,74	37,29	51,04	51,59	14,30	0,04
17-20	45,76	46,31	45,76	46,31	0,00	1,00
18-20	37,84	38,39	45,76	46,31	7,91	0,17
19-20	37,84	38,39	45,76	46,31	7,91	0,17
20-21	46,31	51,59	46,31	51,59	0,00	1,00
21-22	51,59	51,92	51,59	51,92	0,00	1,00

6.2 Расчет затрат на проведение НИР

«Затраты на проведение НИР представляют собой стоимостную оценку использованных в процессе разработки сырья, материалов, расходов на приобретение специального оборудования, оплату труда занятых разработкой схем и выбора элементной базы.

Затраты на разработку устройства могут быть рассчитаны по следующей формуле 6. 1» [2]:

$$Z_{PЭУ} = M + P_{ок} + P_{об} + Z_o + Z_d + O_{сн} + P_{пр} + P_n, \text{ (руб.)} \quad (6.1)$$

«Где М - стоимость сырья и материалов, руб.;

$P_{ок}$ - стоимость комплектующих и полуфабрикатов, руб.;

$P_{об}$ - расходы на приобретение специального оборудования, руб.;

Z_o и Z_d - основная и дополнительная заработная плата разработчиков МДСК, руб.;

$O_{сн}$ - отчисления на социальные нужды, руб.;

$P_{пр}$ - прочие прямые расходы, руб.;

P_n - накладные расходы, руб.» [2].

6.2.1 Расчет стоимости сырья, материалов

«В расходы по этой статье включается стоимость используемых в процессе проведения НИР сырья и материалов, необходимых для исследований, экспериментов, опытов, испытаний и т.д.

Стоимость сырья и материалов рассчитывается по следующей формуле 6.2» [2]:

$$M = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot C_i \cdot K_T, \text{ (руб.)}, \quad (6.2)$$

Где i - наименование соответствующего вида сырья материалов;

n - количество видов используемых материалов;

« Q_i - расход на разработку материалов i -го наименования в соответствующих единицах измерения;

C_i - цена приобретения единицы материала i -го наименования, (руб.);

K_{Ti} - коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы при приобретении материалов i -го наименования (оплата услуг транспорта, комиссионных посредникам и др.)» [2].

Расчет стоимости используемых материалов представлен в таблице
Таблица 6.

Таблица 6.7 - Расчёт стоимости сырья, материалов

Наименов. материала	Единица измерения	Цена за единицу, руб.	Расходы на разраб.	Коэффиц. K_{Ti}	Сумма, руб.
Барaban пла- стиковый	шт.	0,30	500	1,1	165,00
Гиря	шт.	20,00	10	1,1	220,00
Вал пластико-вый	шт.	7,00	3	1,1	23,10
Пишущее устройство	шт.	8,5	2	1,1	18,70
Карандаш	шт.	7,00	1	1,1	7,70
Пружина	шт.	9,00	1	1,1	9,90
Итого:					444,40

Стоимость сырья и материалов для разработки устройства составила $M = 444,40$ (руб.).

6.2.2 Расчет основной заработной платы разработчиков

«В состав основной заработной платы включаются выплаты за фактически выполненную работу в соответствии с окладами, тарифными ставками и расценками всему персоналу, принимающему участие в разработке данного механизма: научных работников, инженерно-технических работников, лаборантов и служащих исследовательских и проектных подразделений и др.»[7]

«В общем виде основная заработная плата разработчиков узла (Z_0 , руб.) может быть рассчитана по формуле:

$$Z_0 = \sum_{i=1}^n T_i \cdot l_i^ч \text{ (руб.)}, \quad (6.3)$$

Где i - наименование категории разработчиков;

n - количество категорий разработчиков;

T_i - трудоемкость проектных работ, выполненных разработчиком i -ой категории;

$l_i^ч$ - часовая тарифная ставка разработчика i -ой категории.

В разработке узла ввода в условиях дипломного проектирования принимают участие разработчики двух категорий:

- консультант (руководитель дипломного проекта);
- инженер-конструктор (дипломник).

Часовая тарифная ставка определяется по формуле»[7]:

$$l_i^ч = \frac{ЗП_{мес.i}}{F_{мес}} \text{ (руб./час)}, \quad (6.4)$$

«Где $ЗП_{мес.i}$ - месячный оклад разработчика i -ой категории, руб.;

$F_{мес}$ - месячный фонд времени работы разработчика в часах.

Для данных расчетов примем $F_{мес} = 168$ час.

Месячный оклад консультанта 35000 руб.

Стипендия разработчика 2500 руб.»[7]

Тарифная часовая ставка консультанта составляет (рассчитываем по формуле 6.4):

$$l_{конс.}^ч = \frac{35000}{168} = 208,33 \left(\frac{руб.}{ч} \right)$$

«Часовая тарифная ставка инженера-программиста (составляет рассчитываем по формуле 6.4)» [2]:

$$l_{разраб}^ч = \frac{2500}{168} = 14,88 \left(\frac{руб.}{ч} \right)$$

«Расчет основной заработной платы осуществляется на основе исходных данных трудоемкости проектных работ из сетевого графика и тарифных ставок исполнителей. Расчет основной заработной платы приведен в таблице 6.8» [2].

Таблица 6.8 - Расчёт основной заработной платы разработчиков

№ п/п № п/п	Шифр работ Шифр работ	Инженер-программист			Консультант			Всего по работе, руб.
		Т, ч	L, руб./ч	Сумма, руб.	Т, ч	L, руб./ч	Сумма, руб.	
1	00-01	5	14,88	74,40	5	208,33	1041,65	1116,05
2	01-02	24	14,88	357,12		208,33		357,12
3	02-03	72	14,88	1071,36		208,33		1071,36
4	02-04	24	14,88	357,12		208,33		357,12
5	04-05	24	14,88	357,12		208,33		357,12
6	03-05	0	14,88	0,00		208,33		0,00
7	05-06	24	14,88	357,12		208,33		357,12
8	06-07	10	14,88	148,80		208,33		148,80
9	07-08	72	14,88	1071,36		208,33		1071,36
10	06-09	15	14,88	223,20		208,33		223,20

11	09-10	24	14,88	357,12		208,33		357,12
12	08-11	48	14,88	714,24		208,33		714,24

Продолжение таблицы 6.8

13	11-12	24	14,88	357,12		208,33		357,12
14	10-11	0	14,88			208,33		0,00
15	12-13	40	14,88	595,20		208,33		595,20
16	11-14	24	14,88	357,12		208,33		357,12
17	13-14	0	14,88			208,33		0,00
18	14-15	15	14,88	223,20		208,33		223,20
19	15-16	72	14,88	1071,36		208,33		1071,36
20	16-17	10	14,88	148,80		208,33		148,80
21	15-18	10	14,88	148,80		208,33		148,80
22	15-19	10	14,88	148,80		208,33		148,80
23	15-21	4	14,88	59,52	6	208,33	1249,98	1309,50
24	17-20	4	14,88	59,52	6	208,33	1249,98	1309,50
25	18-20	4	14,88	59,52	6	208,33	1249,98	1309,50
26	19-20	4	14,88	59,52	6	208,33	1249,98	1309,50
27	20-21	48	14,88	714,24		208,33		714,24
28	21-22	3	14,88	44,64		208,33		44,64
ИТОГО:			9136,32			6041,57	15177,89	

6.2.3 Расчет дополнительной заработной платы разработчиков

«В состав дополнительной заработной платы включаются все виды выплат, надбавок и доплат из фонда заработной платы за проработанное время.

Дополнительная заработная плата рассчитывается по формуле» [2]:

$$Z_d = Z_o \frac{K_d \%}{100 \%} \text{ (руб.)}, \quad (6.1)$$

«Где Z_o - основная заработная плата, разработчиков (руб.);

K_d - коэффициент дополнительной заработной платы (%).

Следовательно, из (6.1) величина дополнительной заработной платы равна» [2]:

$$3\partial = 3o \cdot \frac{K_{\partial} \%}{100 \%} = 15177.89 \cdot \frac{20 \%}{100 \%} = 3035.58 \text{ (руб.)}$$

6.2.4 Расчет отчислений на социальные нужды

Отчисления на социальные нужды рассчитываются по формуле:

$$O_{сн} = (3o + 3\partial) \cdot \frac{K_{сн} \%}{100 \%} \text{ (руб.)}, \quad (6.2)$$

Где $K_{сн}$ - коэффициент отчислений на социальные нужды (%).

« $K_{сн}$ в настоящее время составляет 30,2% и включает в себя:

- отчисления в пенсионный фонд – 22%;
- отчисления на социальное страхование – 2,9%;
- отчисления в фонд обязательного медицинского страхования – 5,1%;
- отчисления в ФСС - 0,2%.

Следовательно, из (6.2) величина отчислений на социальные нужды равна» [2]:

$$O_{сн} = (3o + 3\partial) \cdot \frac{K_{сн} \%}{100 \%} = (15177.89 + 3035.58) \cdot \frac{30.2 \%}{100 \%} = 5500.47 \text{ (руб.)}$$

6.2.5 Расчет прочих прямых расходов

«В состав расходов по этой статье включаются затраты, непосредственно связанные с разработкой данного объекта техники (аренда

или прокат оборудования, вычислительной техники, транспорта, приобретение специальной научно-технической литературы и т. Д.) по их фактической стоимости. Статьи расхода и расчет общей суммы прямых расходов приведены в таблице Таблица 6.2» [2].

Таблица 6.2 – Прочие прямые расходы

Наименование статьи расхода	Стоимость за единицу потребления	Потребленное количество, ч	Сумма, руб.
Аренда оборудования	30 руб. / час	200	6000
Итого			6000

6.2.6 Расчет накладных расходов

«В состав накладных расходов включаются затраты, которые не вошли в состав предыдущих расходов и могут быть рассчитаны прямым путем.

К ним относятся амортизация, ремонт, содержание зданий и других основных производственных фондов общего назначения.

Они рассчитываются по формуле» [2]:

$$P_n = Z_o \frac{K_n \%}{100 \%} \text{ (руб.)}, \quad (6.3)$$

«Где K_n – коэффициент накладных расходов (%).

Для расчета накладных расходов в данном дипломном проекте K_n берется равным 65%.

Следовательно, из (6.3)» [2]:

$$P_n = Z_o \cdot \frac{K_n \%}{100 \%} = 15177.89 \cdot \frac{65 \%}{100 \%} = 9865.63 \text{ (руб.)}$$

6.2.7 Расчет затрат на проведение НИР

«Все расчеты затрат сведены в таблицу Таблица 6.3, в которой определяется общая сумма затрат на разработку» [2].

Таблица 6.3 - Общие затраты на проведение НИР

№ п/п	Наименование статьи расходов	Сумма, руб.	Удельный вес, %
1	Материалы	444,40	1,11
3	Основная заработная плата разработчиков	15177,89	37,92
4	Дополнительная заработная плата разработчиков	3035,58	7,58
5	Отчисления на социальные нужды (единый социальный налог)	5500,47	13,74
6	Прочие прямые расходы	6000,00	14,99
7	Накладные расходы	9865,63	24,65
	ИТОГО:	40023,97	100,00

«Следовательно, затраты на проведение НИР составят 40 023,97 руб.

Рассчитаем показатели экономической эффективности от результатов проведения НИР» [2].

6.3 Расчет капитальных вложений

«Единовременные затраты включают предпроизводственные затраты K_T и капитальные вложения в производственные фонды завода-изготовителя $K_{пф}$ » [2]:

$$K = K_m + K_{пф} \text{ (руб.)} \quad (6.4)$$

Предпроизводственные затраты определяются по формуле

$$K_{пф} = Z_{НИОКР} + K_{осв} \text{ (руб.)} \quad (6.5)$$

«Где $Z_{\text{НИОКР}}$ — сметная стоимость научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;

$K_{\text{осв}}$ — затраты на освоение производства и доработку опытных образцов.

Капитальные вложения в производственные фонды рассчитываются по формуле 6.10» [2]:

$$K_{\text{н.ф.}} = K_{\text{о.ф.}} + K_{\text{о.с.}} + K_{\text{проч}} \text{ (руб.)}, \quad (6.6)$$

«Где $K_{\text{о.ф.}}$ — стоимость всех видов основных производственных фондов, непосредственно связанных с изготовлением проектируемого изделия. При этом если изготовление новых изделий возможно на имеющемся оборудовании, должна быть учтена среднегодовая остаточная стоимость основных производственных фондов изготовителя;

$K_{\text{о.с.}}$ - пополнение оборотных средств. В состав оборотных средств включаются запасы сырья, материалов, топлива и полуфабрикатов, а также незавершенное производство;

$K_{\text{проч}}$ — прочие капитальные вложения, связанные с предотвращением отрицательных социальных, экологических и других последствий, созданием социальной инфраструктуры.

Капиталовложение в освоение производства возьмем в размере 100% от себестоимости проведения НИР» [2]:

$$K_{\text{осв}} = 40023.97 \cdot \frac{100\%}{100\%} = 40023.97 \text{ (руб.)}. \quad (6.11)$$

Предпроизводственные затраты рассчитываются согласно (6.5):

$$K_m = 40023.97 + 40023.97 = 80047.94 \text{ (руб.)}. \quad (6.12)$$

«Капиталовложения в основные фонды с учетом того, что

производство идет на имеющемся оборудовании, приблизительно оценены в 10000 руб. ($K_{o.ф.} = 10000$ руб.).

Оборотные средства возьмем в размере 150% от себестоимости проведения НИР» [2]:

$$K_{o.c.} = 1.5 \cdot 40023.97 = 60035,96 \text{ (руб.)}. \quad (6.13)$$

Прочие капиталовложения принимаем 20% от $K_{o.ф.} + K_{o.c.}$:

$$K_{проч} = 0,20 \cdot (10000 + 60035,96) = 14007,19 \text{ (руб.)}. \quad (6.14)$$

Капиталовложения в производственные фонды определяются по (6.6):

$$K_{нф} = 10000 + 60035,96 + 14007,19 = 84043,15 \text{ (руб.)}.$$

Полные капиталовложения — по (6.4):

$$K = 80047.94 + 84043.15 = 164091,09 \text{ (руб.)}.$$

6.4 Расчет общих экономических показателей

«Чистые денежные поступления получают как разность валовой прибыли $\Pi_в$ и налога на прибыль НП, с учетом амортизационных отчислений A , которые являются частью прибыли, не облагаемой налогом:

$$\Pi = (\Pi_в - A) \cdot \left(1 - \frac{НП}{100}\right) + A \text{ (руб.)}. \quad (6.7)$$

Амортизационные отчисления можно упрощенно вычислить по

формуле» [2]:

$$A = \sum_{f=1}^{\Phi} K_f \cdot \frac{a_f}{100} \text{ (руб.)}, \quad (6.8)$$

Где $f = 1.. \Phi$ — перечень основных производственных фондов;

« K_f — стоимость f -го производственного фонда;

a_f — норма амортизационных отчислений по f -му основному фонду.

Налог на прибыль в настоящее время установлен в размере 20%.

Годовые амортизационные отчисления вычислим исходя из того, что стоимость основных производственных фондов $K_{o.ф.} = 10000$ руб. и норма амортизационных отчислений для всех видов производственных фондов равна 10%» [2].

$$A = 10000 \cdot \frac{10}{100} = 1000 \text{ (руб.)}.$$

«Рассчитываем чистые годовые денежные поступления от реализации разработки» [2]:

$$П_{\varepsilon 1, \varepsilon 2} = (40023.97 \cdot 3 - 1000) \cdot \left(1 - \frac{20}{100}\right) + 1000 = 96257,53 \text{ (руб.)}$$

«Аналитическое выражение для определения чистого дисконтированного дохода имеет следующий вид» [2]:

$$ЧДД = -K + \frac{П_{\varepsilon 1}}{(1+E)} + \frac{П_{\varepsilon 2}}{(1+E)^2} + \dots + \frac{П_{\varepsilon n}}{(1+E)^n} \text{ (руб.)}, \quad (6.9)$$

«Где K - инвестиции, необходимые для реализации проекта;

$П_{\varepsilon 1}$ $П_{\varepsilon 2}$, ..., $П_{\varepsilon n}$ - чистые денежные поступления, получаемые по отдельным годам от реализации проекта;

E — норматив приведения затрат к единому моменту времени (норма

дисконта).

Чистый дисконтированный доход по (6.9) при норме дисконта $E = 0,2$ составит» [2]:

$$ЧДД = \sum_{m=1}^2 \frac{П_m}{(1+0,2)^m} - K = \frac{96257,53}{1+0,2} + \frac{96257,53}{(1+0,2)^2} + \frac{96257,53}{(1+0,2)^3} - 164091,09 = 38673,61$$

(руб.).

«Поскольку чистый дисконтированный доход больше 0, можно говорить об эффективности проекта.

Рассчитаем также срок окупаемости капиталовложений с учетом дисконтирования. Величины дисконтированных годовых эффектов по годам расчетного периода равны» [2]:

$$\mathcal{E}_1 = \frac{96257,53}{1+0,2} = 80214,61 \text{ (руб.)};$$

$$\mathcal{E}_2 = \frac{96257,53}{(1+0,2)^2} = 66845,51 \text{ (руб.)}.$$

$$\mathcal{E}_3 = \frac{96257,53}{(1+0,2)^3} = 55704,59 \text{ (руб.)}.$$

За 3 года: $\sum \mathcal{E} = 202764,70$ (руб.), что больше величины полных капиталовложений.

«Тогда срок окупаемости найдется как:

$$T_{ок.р.} = 2 + \frac{164091,09 - 147060,12}{55704,59} = 2,31 \text{ (года)}.$$

Сравним рассчитанный срок окупаемости с нормативным, который при норме дисконта 0,2 составит:

$$T_{ок.норм.} = \frac{1}{0,2} = 5 \text{ (лет)}.$$

Так как расчетный срок окупаемости меньше нормативного, можно считать, что проведение НИР целесообразно»[2].

Заключение

В данном дипломном проекте, была спроектирована и создана лабораторная установка, для определения собственных колебаний подрессоренной массы.

В разделе «Обеспечение безопасности на слесарном участке механосборочного экспериментального производства» были рассмотрены меры безопасности при работе с сварочным аппаратом, сверлильным станком и угловой шлифовальной (отрезной) машиной на механосборочном участке экспериментального производства, где осуществляется изготовление стенда.

В разделе «Экономический раздел» происходит построение и расчет параметров сетевого графика процесса проектирования данной лабораторной установки, расчет затрат на разработку и изготовление данной лабораторной установки, а также расходов по ее эксплуатации. По полученным расчетам можно сделать вывод, что срок окупаемости меньше нормы, что позволяет считать что изготовление данной лабораторной установки и проведение на ней лабораторных работ целесообразно.

«По результатам работы подготовлены тезисы для опубликования в сборники «Дни студенческой науки ТГУ»» [3] под названием «Разработка лабораторной установки по определению собственных колебаний подрессоренной массы». Авторы: Н.С. Кучеров, Д.С. Дроздов, научный руководитель Л.А. Черепанов.

Данная установка, «будет использоваться в учебных целях на кафедре «Проектирование и эксплуатация автомобилей» института машиностроения Тольяттинского Государственного Университета» [3].

Список используемых источников

1. Цимбалин, В.Б. Испытание автомобилей. М.: Машиностроение, 1978. – 199 с.
2. Гришкевич, А.И. Испытание автомобилей. М.: Машиностроение, 1991. – 161 с.
3. Балабин, И.В. Испытание автомобилей. М.: Машиностроение, 1988. – 192 с.
4. Финченко, Н.И. Испытание автомобилей и тракторов. М.: Машиностроение, 2017. – 173 с.
5. Соломатин, Н.С. Расчет направляющего устройства подвески. Тольятти: ТГУ, 2005. – 64 с.
6. Реймпель, И. Шасси автомобиля. Элементы подвески. М.: Машиностроение, 1987. – 282 с.
7. Шухман, Ю. Эксплуатация и ремонт автомобиля. М.: Машиностроение, 2014. – 320 с.
8. Шестопалов, С.К. Техническое обслуживание легковых автомобилей. М.: Академия, 2018. – 288с.
9. Чумаченко, Ю.Т. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. Д.: - Феникс, 2013. – 539с.
10. Кравец В.Н., Теория автомобиля. Нижний Новгород: НГТУ, - 2007. – 368 с.
11. Sparke, P. The century of cars design. London:- Beazley, - 2002. – 256 p.
12. Hewitt, S. Cars and truck. London: - Watts, - 1993. – 240 p.
13. Barton, B. My car. New York:- HarperFestival, - 2003. – 195 p.
14. Смелягин, А.И. Теория механизмов и машин. М.: Инфра – М, - 2013. – 288 с.
15. Гуськов, В.В. Многоцелевые машины. М.: НИЦ Инфра-М, - 2012. – 543с.
16. Коловский, М.З. Теория механизмов и машин. М.: ИЦ Академия,-

2013. – 560с.

17. Артоболевский, И.И. Теория механизмов и машин. М.: Альянс, - 2014. – 640 с.

18. John, W. Machine theory. Inglis Charles, - 1989. – 324 p.

19. Ellis, J.R. Stock car racing engine technology. Watts, - 2007. – 160 p.

21) Яблонский, А.А. Курс теории колебаний. М.: Высшая Школа, 1975. – 248 с.: с ил.

22) Тарасик В.П. Теория движения автомобиля. СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 478с.: ил.

23) Черепанов, Л.А. Теория автоматического управления. Тольятти.: ТГУ, 2010. – 124с.

Приложение А
Спецификация

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A1			20.ДП.ЛиЭА.109.00.000	Сборочный чертёж		
<i>Сборочные единицы</i>						
		1	20.ДП.ЛиЭА.109.10.000	Рама	1	
		2	20.ДП.ЛиЭА.109.20.000	Барабан	1	
		3	20.ДП.ЛиЭА.109.30.000	Пишущее устройство	1	
		4	20.ДП.ЛиЭА.109.40.000	Подвеска в сборе	1	
<i>Детали</i>						
		5	20.ДП.ЛиЭА.109.00.001	Крюк	1	
		6	20.ДП.ЛиЭА.109.00.002	Гиря	1	
		7	20.ДП.ЛиЭА.109.00.003	Крепление пишущего устройства	2	
		8	20.ДП.ЛиЭА.109.00.004	Вал соединительный	1	
		9	20.ДП.ЛиЭА.109.00.005	Пластина крепления электродвигателя	1	
		10	20.ДП.ЛиЭА.109.00.006	Подшипник	1	
<i>Стандартные изделия</i>						
		11		Болт М6х50 ГОСТ 7805-70	1	
		12		Винт М4х20 ГОСТ 1491-80	4	
		13		Винт М6х10 ГОСТ 1491-80	3	
		14		Гайка М4 ГОСТ 5927-70	4	
		15		Гайка М6 ГОСТ 5927-70	2	
		16		Гайка М12 ГОСТ 5927-70	3	
			20.ДП.ЛиЭА.109.00.000			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Дроздов Д.С.			Лист	Лист
Проб.		Черепанов Л.А.			1	2
Н.контр.		Черепанов Л.А.			ТГУ, ИМ	
Утв.		Бодоровский А.В.			АТ-1501	
					Копировал	
					Формат А4	

Приложение Б

Тяговая сила

Таблица 4.4-Тяговая сила

п, об/мин	I	II	III	IV	V
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

Приложение В

Мощностной баланс

Таблица 4.14-Мощностной баланс

$v, \text{ м/с}$	7,14	14,29	21,43	28,57	35,72	42,86	50,00
$N_e, \text{ кВт}$	14754,7 2	31669,1 9	48646,5 2	63582,1 1	74378,6 2	78932,9 7	7514 5,1
$N_T, \text{ кВт}$	13574,3 4	29135,6 5	44754,8 0	58495,5 4	68428,3 3	72618,3 3	6913 3,49
$N_B, \text{ кВт}$	142,87	1171,45	3921,59	9314,48	18179,1 6	31415,5 5	4990 1,44
$N_d, \text{ кВт}$	1272,32	2756,48	4771,05	7209,29	10602,1 3	14631,1 6	2003 8,08
$N_B + N_d$	1415,18	3927,94	8692,64	16523,7 7	28781,2 9	46046,7 1	6993 9,52
$(N_B + N_d) / N_T$	0,10	0,13	0,19	0,28	0,42	0,63	1,01

Приложение Г

Библиотека событий

Таблица 6.1 - Библиотека событий

Код события	Наименование события
00	Информация к выдаче технического задания подготовлена
01	Техническое задание получено
02	Техническое задание изучено
03	Литература подобрана и изучена
04	Аналоги изучены
05	Архитектура устройства разработана
06	Структурная схема разработана
07	Элементная база выбрана
08	Принципиальная схема разработана
09	Схема алгоритма функционирования разработана
10	Программа функционирования разработана
11	Конструкторско-технологические расчеты выполнены
12	Топология печатной платы разработана
13	Сборочный чертеж платы выполнен
14	Схема сборки разработана
15	Надежность узлов ПП исследована
16	Методика настройки узлов разработана
17	Настройка узлов завершена
18	Монтажные схемы устройства разработаны
19	Конструкторская документация на детали и узлы разработана
20	Корректировка конструкторской документации закончена
21	Оформление конструкторской документации закончено
22	Сдача устройства завершена

Приложение Д
Библиотека работ

Таблица 6.1 - Библиотека работ

Шифр работ	Наименование работ	Кол-во исполн.	Трудоем. в часах
00-01	Получение технического задания	2	10
01-02	Изучение технического задания	1	24
02-03	Подбор и изучение литературы	1	72
02-04	Изучения аналогов	1	24
04-05	Разработка архитектуры устройства	24	
03-05	Фиктивная работа	0	0
05-06	Разработка структурной схемы	1	24
06-07	Выбор элементной базы	1	10
07-08	Разработка принципиальной схемы	1	72
06-09	Разработка схемы алгоритма	1	15
09-10	Разработка программы функционирования	1	24
08-11	Выполнение конструкторско-технологических расчетов	1	48
11-12	Разработка топологии ПП	1	24
10-11	Фиктивная работа	0	0
12-13	Выполнения сборочного чертежа	1	40
11-14	Разработка схемы сборки	1	24
13-14	Фиктивная работа	0	0
14-15	Исследование надежности узлов ПП	1	15
15-16	Разработка методика настройки узлов устройства	1	72
16-17	Настройка узлов устройства	1	10
15-18	Разработка монтажных схем устройства	1	10
15-19	Разработка конструкторской документации на детали и узлы	1	10
15-21	Корректировка конструкторско-технологических расчетов	2	10
17-20	Корректировка методики настройки узлов	2	10
18-20	Корректировка монтажных схем устройства	2	10
19-20	Корректировка конструкторской документации на детали и узлы	2	10
20-21	Оформление конструкторской документации	1	48
21-22	Сдача устройства заказчику	1	3
Итого суммарная трудоемкость			641