

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра

«Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование кафедры)

23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

на тему Исследование влияния площади пятна контакта шины с опорной
поверхностью на коэффициент сцепления в продольной плоскости

Студент

Лонский А.В.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Черепанов Л.А.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

Краснопевцева И.В.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Москалюк А.Н.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Гудкова С.А.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Егоров А.Г.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

И. о. заведующего кафедрой

к.т.н., доцент А.В. Бобровский

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

(личная подпись)

« _____ »

20 18 г.

Тольятти 2018

АННОТАЦИЯ

Дипломный проект на тему «Исследование влияния площади пятна контакта шины с опорной поверхностью на коэффициент сцепления в продольной плоскости» разработан для исследования влияния площади пятна контакта шины с опорной поверхностью на коэффициент сцепления в продольной плоскости. Была произведена тарировка тензометрических датчиков, измерены усилия в вертикальном и горизонтальном направлениях. На стенде был выполнен ряд испытаний с использованием нескольких автомобильных покрышек: летней, зимней и изношенной. На стенде для испытания сцепных свойств колес легковых автомобилей при разных нагрузках, прикладываемых к шинам, и давлениях в них были определены соответствующие коэффициенты сцепления. Графики зависимостей показаны в приложении к пояснительной записке. Определена и рассмотрена зависимость коэффициента сцепления от площади пятна контакта, при различных давлениях в шине и прикладываемых к ней нагрузок. В экономической части произведен расчет затрат на выполнение НИиОКР и обоснована целесообразность данного проекта. Создана программа работ для выполнения лабораторных и практик лицами, проходящими обучение на специальности «Автомобиле - и тракторостроение».

Пояснительная записка состоит из 102 листов напечатанного текста, включает в себя 9 листов приложения с графиками, а также 11 листов формата А1.

The title of my diploma paper is «The study of the impact of the contact spot area of the tire with the support surface on the adhesion coefficient in the longitudinal plane». The purpose of the work is studying the impact of the contact area spot on the adhesion coefficient in the longitudinal plane [1].

Firstly, wheel calibration was produced. Then a number of tests were performed on the stand with the usage of several automobile tires: summer tires, winter tires and worn tires. On the test-stand the dependency of the adhesion coefficients on car wheel properties at different applied loads to the tires and pressures in them was determined. The dependency graphs are shown in the annex to the explanatory note [16].

The following results were achieved:

- calibration coefficients were determined;
- the dependency of the adhesion coefficient on the contact spot area at different pressures in the tire and the applied loads was defined and considered;
- wheel contact areas were determined;
- wheel trial tests were carried out.

In the economic part the calculation of the cost of R & D justified the feasibility of this work.

The safety and environmental friendliness of the facility was investigated.

The diploma paper consists of an explanatory note on 102 pages of printed text, and the graphic part on 9 sheets of the application with graphics, 11 of them are sheets of A1

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Состояние вопроса	6
1.1 Назначение системы	6
1.2 Сила сцепления	7
1.3 Коэффициент сцепления	8
1.4 Обзор и тенденции развития шин, влияние различных параметров на коэффициент сцепления	10
1.5 Выбор и обоснование принятого варианта конструкции стенда	13
2 Конструкторская часть	15
2.1 Исходные данные для выполнения расчета	16
3 Исследовательская часть	36
3.1 Тарировка тензометрической площадки	36
3.2 Определение коэффициента сцепления в продольной плоскости.....	39
3.3 Зависимость коэффициента сцепления от площади пятна контакта.....	45
4 Экономическое обоснование эффективности дипломного проекта	51
4.1 Определение суммарной длительности НИР, и нарастание технической готовности по этапам.....	51
4.2 Расчёт сметы затрат на НИиОКР	59
4.3 Расчёт амортизационных отчислений.....	62
4.4 Экономическая эффективность НИиОКР	66
4.5 Анализ индексов экономической эффективности НИиОКР	67
5 Безопасность и экологичность объекта	68
5.1 Конструктивно-технологическая характеристика исследования	68
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	71
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	74
5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	78
5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	81
5.6 Вывод.....	82
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	83
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	84
ПРИЛОЖЕНИЕ А	86
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	95

ВВЕДЕНИЕ

Набор скорости, осуществление торможения, движение при повороте
либо движение прямо транспортного средства возможны исключительно с

помощью сцепления шин с дорожным покрытием. Сегодняшние автомобили укомплектовываются пневматическими шинами. Почти на всех автомобильных шинах имеется разный рисунок на протекторе, обеспечивающем устойчивое движение автомобиля и все соответствующие ходовые параметры. Хорошее состояние шин автомобиля – один из самых важных факторов, которые обеспечивают безопасное движение транспортных средств. Сцепление колес транспортного средства с полотном дороги является непостоянной динамической величиной. Только 4 маленьких участка пятна контакта шины и дорожного покрытия позволяют удержать транспортное средство в движении. При движении транспортного средства происходит смещение центра тяжести в продольной и поперечной плоскости, вследствие этого происходит непропорциональное и неравномерное перераспределение нагрузок, т.е. снижение на одних и увеличение на других автомобильных шинах [2]. Это можно объяснить тем, что сцепление шин транспортного средства с дорогой, а также нагрузка, прикладываемая к шинам, связаны зависимостью, которая нелинейна и указывает на то, что коэффициент сцепления будет уменьшаться быстрее - в момент снижения нагрузки. И, следовательно, наоборот – сцепление автомобильной шины растет медленнее чем увеличение нагрузки на автомобильную покрышку в области контакта с дорожным полотном.

1 Состояние вопроса

1.1 Назначение системы

Стенд для испытаний сцепных свойств колес легковых автомобилей позволяет определить коэффициенты сцепления в продольном и поперечном направлении относительно плоскости колеса на различных покрытиях (асфальт, бетон), а также служит для проведения испытаний в условиях лаборатории, и их упрощения.

Колеса автомобилей уже давно являются не вспомогательными принадлежностями, а интегрированным конструктивным элементом. Основными функциями колес являются: их несущая способность, передача всех сил, действующих в контакте с поверхностью дороги-тяговых, тормозных и боковых сил [3]. В настоящее время к колесам предъявляются многочисленные требования, такие как обеспечение активной безопасности, прочности, надежности при движении по любым покрытиям, экономичности, минимального сопротивления качению, максимального сцепления с поверхностью дороги, низкого шума и др. Поэтому изучению характеристик колес непрерывно уделяется большое внимание [4].

1.2 Сила сцепления

Сцепление – механизм, чья работа основывается на действии силы трения скольжения. Этот механизм служит для передачи крутящего момента, плавного переключения передач, гашения колебаний упругих, недлительного отсоединения трансмиссии от маховика двигателя.

Значение тяговой силы, которая необходима для движения, ограничивается из-за действия силы сцепления колёс с дорожным покрытием [5].

Под силой сцепления понимается сила, противодействующая скольжению колеса касательно дорожной поверхности. Она приравняется к силе трения, возникающей в месте контактирования колеса с дорожным покрытием.

Сила сцепления описывается по формуле:

$$F_{\text{сц}} = Z_{\text{к}} * \varphi \quad (1.1)$$

где

φ – коэффициент сцепления;

$Z_{\text{к}}$ – нормальная реакция дороги (нагрузка на колесо, необходимая для проведения опытов в данном дипломном проекте).

Гармоническое качение колеса без буксования и скольжения может быть возможно только при условии, что $F_{\text{тяг}} \leq F_{\text{сц}}$. Если тяговая сила больше силы сцепления $F_{\text{тяг}} \geq F_{\text{сц}}$, то автомобиль двигается с пробуксовкой колёс ведущих. Это происходит, к примеру, когда при движении по дороге с сухим покрытием он попадает на участок с скользким дорожным покрытием. Если же автомобиль находился без движения, то не только последующее его движение, но и его старт, трогание, с места стояния невозможны [17].

Значение силы сцепления во многом определяет коэффициент сцепления.

1.3 Коэффициент сцепления

Сцепление колеса с дорогой принято оценивать коэффициентом сцепления φ , который представляет собой соотношение макс. результирующей реакции T_{max} в зоне плоскости контакта к нормальной реакции $Z_{\text{к}}$, которая действует на колесо, или же отношением силы сцепления к нагрузке, прилагаемой к колесу, что больше соответствует выполняемым работам в данном дипломном проекте [18].

Различают коэффициенты продольного и поперечного сцепления. В первом случае максимальная продольная реакция вызывается тяговым или тормозным усилием, развиваемыми буксирующим или скользящим тормозным колесом. Во втором случае максимальная реакция вызывается

боковой силой, возникающей в контакте скользящего в поперечном направлении колеса.

Для большинства шин общего назначения коэффициенты продольного и поперечного сцепления весьма близки, но в данной работе нас интересует только первый случай.

Большое влияние сцепные качества оказывают на эксплуатационные свойства автомобиля и безопасность дорожного движения. Динамические свойства авто, его способность развития максимальных ускорений при разгоне, способность обеспечения максимального замедления при торможении во многом имеют место быть благодаря продольному сцеплению при частичном или полном проскальзывании колёс.

Очень большое влияние величина продольного φ оказывает на проходимость автомобиля, особенно на мягком грунте.

Коэффициент сцепления можно определить по величине минусового ускорения или по длине пути торможения:

$$\varphi = a/g \quad (1.2)$$

$$\varphi = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2gs} \quad (1.3)$$

где

a – отрицательное ускорение;

v_1 и v_2 – скорости начала и конца торможения;

S – путь торможения.

Таким образом, замедление при торможении прямо пропорционально φ . Чем больше φ , тем меньше тормозной путь [19].

1.4 Обзор и тенденции развития шин, влияние различных параметров на коэффициент сцепления

Существует ряд рекомендаций по увеличению срока службы автомобильных шин, а также и их протекторов. В особенности, рекомендуется следить за давлением в шинах, потому что малейшее увеличение либо уменьшение давления может привести к нежелательному непропорциональному износу рисунка протектора. В том случае, когда рисунок на шине направленный, нужно обязательно следовать требованиям, касающимся места их ориентации, их установки по сравнению с направлением движения транспортного средства.

Если рисунок протектора шины изношен очень сильно, больше допустимого предела, то использование такой покрышки запрещено. В этом случае они должны быть заменены. Во время смены сезонов, времени года, для безопасности движения также необходимо менять покрышки (зимние либо летние) на автомашине. Их замена в свою очередь продлевает долговечность шин.

Если выполнять эти рекомендации, то неизношенный протектор:

- позволит избежать ненужных финансовых расходов;
- обеспечит нужные ходовые качества.

Существующие правила запрещают использование автотранспортных средств с несоответствующими нормам покрышками. Проверку износа шин можно осуществить самому. Алгоритм определения износа протектора показан на рисунке ниже [6].

Определение износа шины показано на рисунке 1.1.

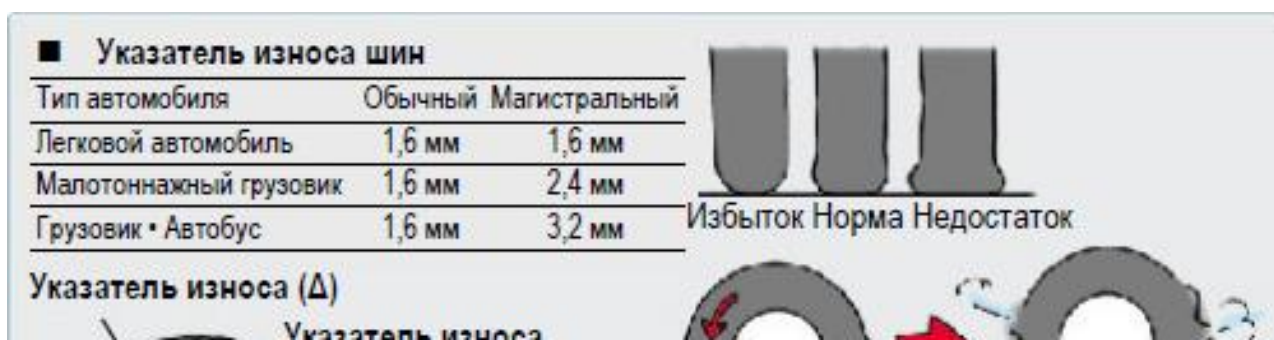


Рисунок 1.1 - Определение износа шины

Чрезмерно изношенные покрышки снижают управляемость и могут привести к ДТП. В случае такого износа одной шины советуют заменить сразу пару (переднюю или заднюю).

Факторы, влияющие на коэффициент сцепления.

ϕ зависит от многих разных параметров, а в 1-ю очередь от типа покрытия и дорожного состояния, конструкции и материала шины, давления воздуха в шине, нагрузки на колесо, разделения напряжений в контакте, $V_{\text{движ}}$, температурных условий, % скольжения или буксования колеса.

Жесткая резина снижает коэф. сцепления, повышение же насыщенности рисунка протектора наоборот.

Тип и состояние дорожного покрытия оказывают значительно более существенное влияние на величину ϕ , чем конструкция шины или состав смесей резиновых, применяемых для ее изготовления.

К основным факторам, связанным с шиной и влияющим на ϕ , особенно на мокрой дороге, относят нормальные напряжения и тип рисунка протектора, что связано с способностью шины выдавливать в стороны или прорывать жидкостную плёнку на дорожном полотне для восстановления надежного контакта с ним.

Величина ϕ зависит от степени износа покрытия.

Значительное влияние на величину ϕ могут оказывать конструкция и материал шины. Изменением параметров шины конструктивных можно довольно весомо изменить зависимость между удельными касательными и норм. нагрузками, т.е. можно изменять напряженность, а, следовательно, и сцепляемость элементов протектора с дорогой. Известно, что шины с маленькой напряженностью элементов протектора в плоскости контакта, обладают более хорошими сцепными качествами, из-за этого их обычно разумней использовать при движении по мокрым и скользким дорогам. Для увеличения сцепления со скользкой дорогой в протектор завулканизовывают иногда спиральную стальную проволоку или применяют специальные металлические шипы. Коэффициент сцепления у колеса, которое катится больше, чем у заблокированного. На дорогах с различными влажными покрытиями ϕ шин из синтетического каучука примерно на 5% больше, чем шин из натурального каучука [7].

Коэффициент сцепления меняется с изменением норм. нагрузки на колесо и давления воздуха в шине. На дорогах с твердым покрытием повышение нормальной нагрузки на колесо приводит к понижению ϕ .

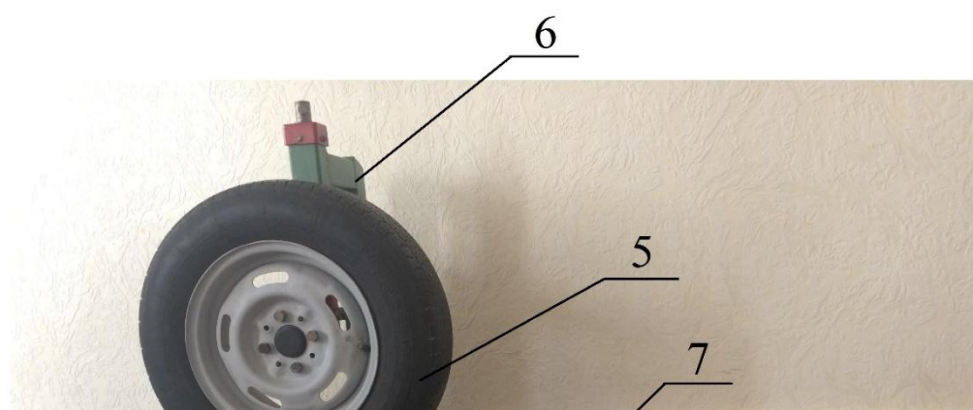
С увеличением скорости движения ϕ уменьшается. На мокрых дорогах при увеличении скорости наблюдается более интенсивное уменьшение коэффициента сцепления. Это может быть объяснено упруговязкими деформациями резины протектора. Эти изменения зависят от времени, поэтому на высоких скоростях движения резина протектора не успевает полностью зацепиться за неровности покрытия. Сцепные факторы протектора обязаны выбираться исходя из наихудших условий работы.

Коэффициент сцепления изменяется также при изменении температуры внешней среды.

Большое влияние на сцепные качества оказывает рисунок протектора при движении автомобиля по твердой дороге, покрытой водным слоем. Исходя из гидродинамической теории, при ударе набегающей части шины о водяной слой на входе в контактную зону образуется водяной клин. Вследствие гидродинамического давления в клине на шину действует равнодействующая сила, которая зависит от толщины водяного слоя, ширины протектора и скорости движения. Удаление воды с плоскости контакта затруднено, при определенной скорости движения может наступить полная потеря контакта шины с дорогой, по причине образования плёнки воды между шиной и дорогой, т.е. аквапланирования.

1.5 Выбор и обоснование принятого варианта конструкции стенда

В данной работе целью было исследование влияния S пятна контакта шины с опорной поверхностью на коэффициент сцепления в продольной плоскости, которое проводилось на стенде для испытаний сцепных свойств колёс легковых автомобилей. Данный стенд показан на рисунке 1.2.



1 – Осциллограф, 2 – Тензометрический усилитель, 3 – Рама, 4 – Тензометрическая площадка, 5 – Колесо, 6 – Нагрузочное устройство (вертикальная сила), 7 – Нагрузочное устройство (горизонтальная сила).

Рисунок 1.2 – Стенд для испытаний сцепных свойств колёс легковых автомобилей

Основой стенда является жесткая рама, на которой имеются два гнезда для установки нагружающего устройства в горизонтальном направлении, и направляющие для перемещения тензометрической площадки. К одной из сторон рамы приварена вертикальная стойка с нагружающим устройством в виде ходового винта, перемещающего ступицу с колесом.

Нагружающее устройство в горизонтальном направлении представляет собой домкрат, наконечник которого упирается в углубления упругого элемента в виде отрезка пластины из упругой стали и воспринимающего нагрузки. Тензометрическая площадка предназначена для размещения на ней поддона с образцом опорной поверхности (асфальт, бетон), для установки на ней колеса в сборе. С нижней стороны к тележке крепятся четыре упругих

элемента, выполненных из пластины упругой стали, на концах которых напрессованы шариковые подшипники.

В нижней части поддона имеются два цилиндрических штыря, которые входят в соответствующие отверстия на пластине тележки и фиксируют поддон.

Измерительная часть стенда представляет собой тензометрическую площадку. Для измерения вертикальной нагрузки на колесо на четыре упругих элемента наклеены тензометрические датчики.

Для измерения нагрузки на колесо в горизонтальном направлении на упругий элемент, установленный перпендикулярно площадке, также наклеены тензометрические датчики [8]. Тензометрические датчики включены в мостовые схемы, сигналы с датчиков передаются усилителем постоянного тока и регистрируются двухканальным осциллографом GOS-620.

Этот стенд прост в использовании, занимает мало места, имеет минимум подключаемого оборудования. Это снижает трудоёмкость при выполнении исследований. При использовании стенда в учебном процессе есть возможность наглядно показать снятие параметров. Данный стенд очень прочный. Все составляющие нашего стенда имеют простую конструкцию, что позволяет отвечать конструкции стенда всем назначениям и требованиям.

2 Конструкторская часть

2.1 Исходные данные для выполнения расчета

Исходные данные:

Компоновочная схема	Переднеприводный
Длина авто	4350мм
Ширина авто	1680мм
Высота авто	1420мм
Масса авто при снаряженном состоянии	1088кг
Шина	185/65 R14
Коэффициент сопротивления качению	0,012
Коэффициент аэродинамического сопротивления	0,32
Коэффициент уклона	0,30
V_{\max}	180 км/ч

1. Подготовка начальных данных расчета.

Полная масса автомашины:

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

где

m_a – снаряженная масса автомобиля

m_0 – снаряженная масса автомобиля

$m_{\text{ч}}$ – 75 кг масса пассажира

n – количество людей вместе с водителем

$m_{\text{б}}$ – вес багажа по 10 кг на 1 человека

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

Нагрузка осей:

- на заднюю ось 40%

- на переднюю ось 60%

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

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

Выбор шин:

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

где

d – посадочный $D_{\text{шины}}$

λ_z – коэф. верт. деформации, который зависит от типов шины

$$\frac{H}{B} = 0,65 \text{ мм}$$

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

$r_{\text{д}}$ – динам. $R_{\text{колеса}}$

$r_{\text{к}}$ – R качения колеса

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

$K_{\text{обтекаемости}}$:

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

ρ – воздушная плотность при норм. условиях 760 миллиметрах ртутного столба

$$\rho = 1,293$$

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

$S_{\text{лобовая}}$:

$$F = 0,8 \cdot B_{\text{г}} \cdot H_{\text{г}}$$

$B_{\text{г}}$ – ширина автомашины габаритная

$H_{\text{г}}$ – высота автомашины габаритная

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

Коэффициент полезного действия трансмиссии автомобиля будет принят: $\eta_{\text{тр}} = 0,92$

Коэффициент сопротивления качению:

$$f = f_0 \left(1 + \frac{V^2}{2000} \right) \quad (2.4)$$

f_0 – коэффициент сопротивления качению автомашины на маленькой скорости

V – скорость автомашины, м/с

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

$$f = 0,012 \cdot 1 + \frac{50^2}{2000} = 0,027$$

2. Определение передаточного числа гл. передачи.

$$U_0 = \frac{r_k \cdot \omega_{max}}{U_k \cdot V_{max}} \quad (2.5)$$

ω_{max} – макс. скорость угловая колен. вала

U_k – передат. число передачи высшей, позволяющая достичь максимальную скорость автомашины

$$n_{max} = 5600 \text{ об мин}$$

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

$$U_k = 0,78$$

$$U_0 = \frac{0,276}{0,78} \cdot \frac{586,43}{50} = 4,15 \quad \text{- передат. число гл. передачи}$$

3. Расчет внеш. характеристики скоростной.

Мощность движителя на максимальной скорости:

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

ψ_v – коэффициент сопротивления дороги на макс. скорости

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

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

$$\psi_v = f$$

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

$$= 75145 \text{ Вт}$$

Макс. мощность движителя

$$N_{max} = \frac{N_v}{a \cdot \lambda + b \cdot \lambda^2 - c \cdot \lambda^3} \quad (2.7)$$

a, b, c – коэффициенты эмпирические

$$a = b = c = 1$$

$\lambda = \frac{\omega_{max}}{\omega_N}$ – отношение частоты вращ. колен. вала на макс. скорости к частоте вращ. Колен. вала при макс. Мощности [9].

Данное отношение возьмем как: $\lambda = 1,15$

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

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

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

Вычисляем внешнюю скоростную характеристику:

$$N_e = N_{max} \cdot a \cdot \frac{\omega_e}{\omega_N} + b \cdot \frac{\omega_e}{\omega_N}^2 - c \cdot \frac{\omega_e}{\omega_N}^3 \quad (2.8)$$

ω_e – действующее значение угловой скорости колен. вала (рад/сек)

N_e – действующее значение мощности движителя эффективной (Вт)

Построим кривую эффект. момента движителя. Используем формулу:

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e} \quad (2.9)$$

Взяв семь значений в диапазоне $\omega_{min} \dots \omega_{max}$, рассчитываем соотношения $N_e \omega_e$ и $M_e \omega_e$. Результаты заносим в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

n, 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

Внешняя скоростная характеристика показана на рисунке 2.1.

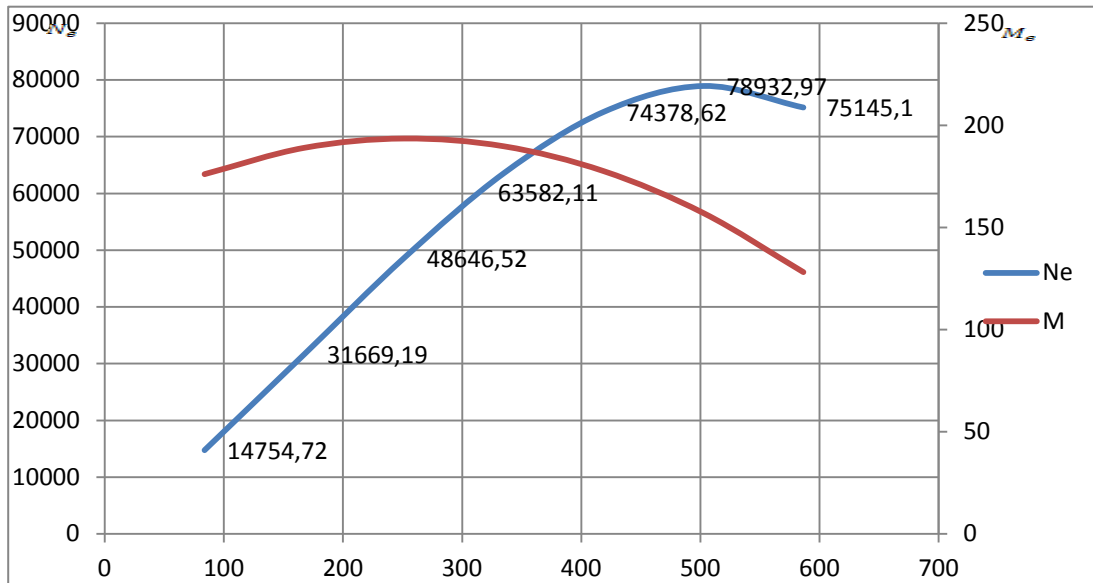


Рисунок 2.1 - Внешняя скоростная характеристика двигателя

4. Нахождение передат. чисел КП.

Определяем передат. число первой передачи:

$$\frac{M_{\max} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot U_0 \cdot U_1}{r_k} \geq G_a \cdot \psi_{\max}, \text{ или } U_1 \geq \frac{G_a \cdot \psi_{\max} \cdot r_k}{M_{\max} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot U_0} \quad (2.10)$$

U_0 – передат. число гл. передачи

U_1 – передат. число КП при вкл. первой передаче

Для устранения буксования ведущ. колес тяговой силе на первой передаче нужно быть меньше чем $F_{\text{сцеп}}$ колес с дорожным покрытием:

$$\frac{M_{\max} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot U_0 \cdot U_1}{r_k} \leq G_{\text{сц}} \cdot \varphi, \text{ или } U_1 \leq \frac{G_{\text{сц}} \cdot \varphi \cdot r_k}{M_{\max} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot U_0} \quad (2.11)$$

$G_{\text{сц}}$ – сцепной вес автомашины

φ – коэф. сцепления ведущ. колес с дорогой

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

G_1 – вес, соответствующий передней оси автомашины

m_1 – коэф. перераспределения нагрузки на перед. колеса

$$m_1 = 0,9$$

$\varphi = 0,7$ (заасфальтированное, сухое шоссе в нормальном состоянии)

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

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

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

Принимаем $U_1 = 2,0$

Передаточные числа пятиступенчатой КП:

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

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

$$U_4 = 1$$

$$U_5 = 0,78$$

$$U_{\text{зх}} = 1,2 \cdot U_1 = 2,4$$

Производим определение скорости автомобиля для каждой передачи:

$$V = \frac{r_k \cdot \omega_e}{U_0 \cdot U_n} \quad (2.12)$$

U_n – передаточное число КП

ω_e – действительные значения угл. скорости вала

Скорости для всех передач показаны в таблице 2.2.

Таблица 2.2

н, 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

5. Тяговый баланс автомашины.

Уравнение тяг. баланса:

$$P_T = P_D + P_B + P_{И} \quad (2.13)$$

P_T – сила тяги

P_D – сила дорож. сопр.

P_B – сила воздушного сопр.

$P_{И}$ – сила сопр. разгону автомашины

Сила тяги ведущ. колес для определённой передачи высчитывают с помощью формулы:

$$P_T = \frac{U_K \cdot U_0 \cdot M_e \cdot \eta_{TP}}{r_K} \quad (2.14)$$

U_K – передат. число КП

M_e – значение эффект. момента движителя(Нм)

Сила дорож. сопротивления:

$$P_D = G_a \cdot \psi \quad (2.15)$$

ψ – коэффициент дорож. сопротивления

$$\psi = i + f$$

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

Сила воздуш. сопротивления:

$$P_B = \frac{c_x \cdot \rho \cdot F \cdot V^2}{2} \quad (2.16)$$

Проводим расчет тяговой силы на ведущ. колесах. Результаты заносим в таблицу 2.3.

Таблица 2.3

n, 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

Продолжение таблицы 2.3

п, об/мин	I	II	III	IV	V
3200	5249	4173	3281	2625	2047
4000	4913	3906	3070	2456	1916
4800	4344	3454	2715	2172	1694
5600	3545	2818	2216	1773	1399

Проводим расчет силы воздушного и дорожного сопротивления.

Результаты заносим в таблицу 2.4.

Таблица 2.4

п, об/мин	P_B	P_D	$P_{сум}$
800	20	178	198
1600	82	193	275
2400	183	223	406
3200	326	252	578
4000	509	297	806
4800	733	341	1074
5600	998	401	1399

Тяговый баланс автомобиля показан на рисунке 2.2.

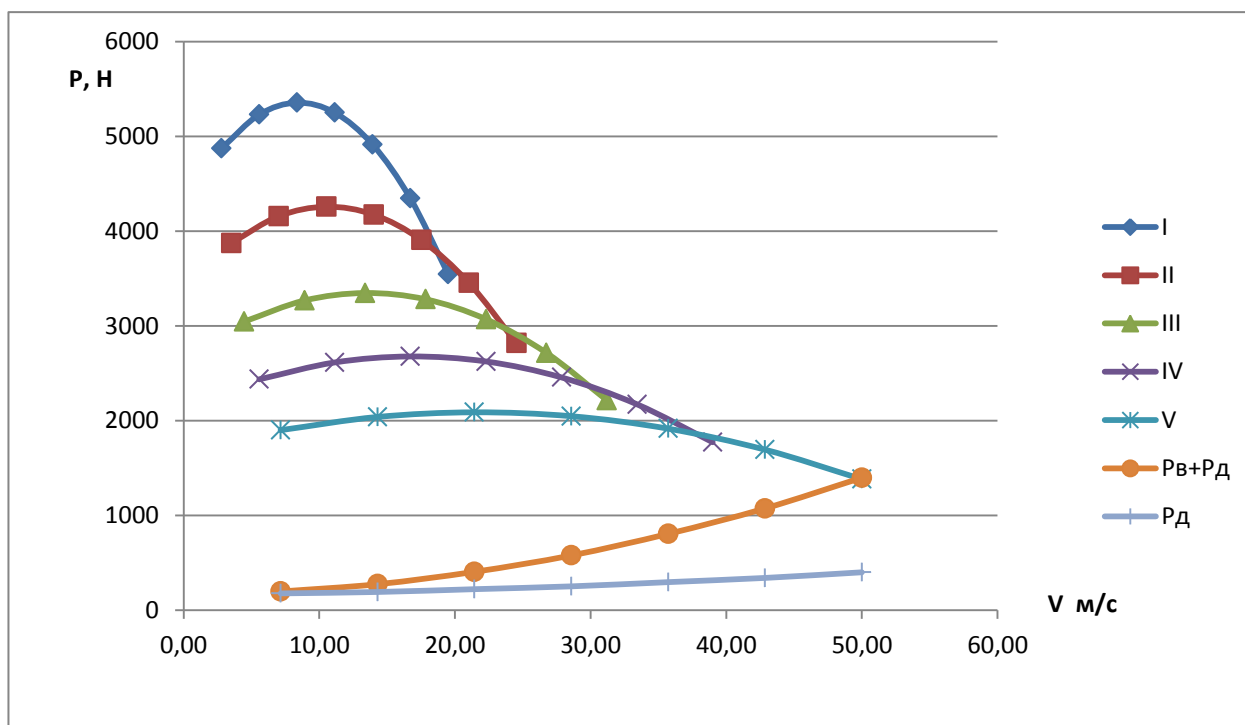


Рисунок 2.2 - Тяговый баланс автомобиля

Проводим расчет воздушного сопротивления на каждой передаче, результаты заносим в таблицу 2.5.

Таблица 2.5

I		II		III		IV		V	
$v, \text{ м с}$	P_B	$v, \text{ м с}$	P_B	$v, \text{ м с}$	P_B	$v, \text{ м с}$	P_B	$v, \text{ м с}$	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

6. Динамическая характеристика автомашины.

Динам. фактор на нужной передаче:

$$D = \frac{P_T - P_B}{G_a} \quad (2.17)$$

P_B – сила сопр. воздуха

P_m – тяг. сила на ведущ. колесах автомашины

G_a – полный вес авто

Проводим расчет динам. фактора на всех передачах:

Результаты занесем в таблицу 2.6.

Таблица 2.6

$n, \text{ об/мин}$	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

Динамический фактор показан на рисунке 2.3.

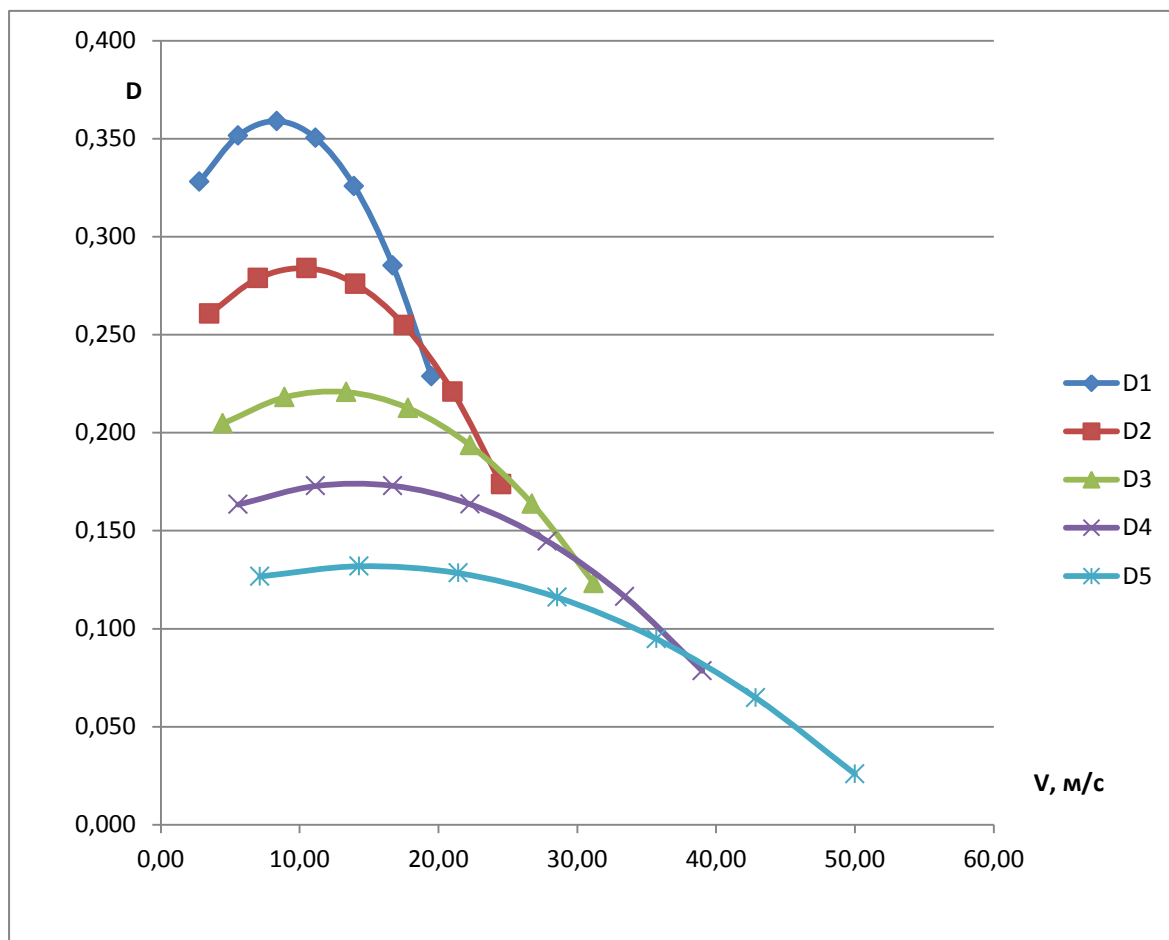


Рисунок 2.3 - Динамический фактор

7. Разгон автомобиля.

При разгоне ускорение определяется во время движения автомашины по дороге горизонтальной ($i=0$) с покрытием твердым хорошего качества при макс. использовании мощности двигателя и отсутствии буксования ведущ. Колес [10]. Ускорение рассчитывают из выражения:

$$J = \frac{D-f \cdot g}{\delta_{вр}} \quad (2.18)$$

$\delta_{вр}$ — коэффициент учета вращ. масс

$$\delta_{вр} = 1 + \frac{I_M \cdot \eta_{тр} \cdot U_{тр}^2 + I_k \cdot g}{G_a \cdot r_k^2} \quad (2.19)$$

I_M — момент инерции вращ. частей двигателя

$U_{\text{тр}} = U_0 \cdot U_{\text{к}}$ – передат. число трансмиссии

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

Определяем коэффициент вращ. масс:

$$\delta_{\text{вр}} = 1 + \delta_1 + \delta_2 \cdot U_{\text{к}}^2 \quad (2.20)$$

δ_1 – коэф. учета вращ. масс колес

δ_2 – коэф. учета вращ. масс движителя

Возьмём $\delta_1 = \delta_2 = 0,04$

Производим расчет коэффициента вращ. масс на каждой из передач

Результаты занесли в таблицу 2.7.

Таблица 2.7

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

Коэф. сопр. качению для каждой передачи:

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

$f_0 = 0,012$

Результаты занесли в таблицу 2.8

Таблица 2.8

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

Продолжение таблицы 2.8

n, об/мин	I	II	III	IV	V
4800	0,014	0,015	0,016	0,019	0,023
5600	0,014	0,016	0,018	0,021	0,027

Производим расчет ускорения автомобиля для каждой передачи, результаты заносим в таблицу 2.9.

Таблица 2.9

n, 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

Ускорение автомобиля показано на рисунке 2.4.

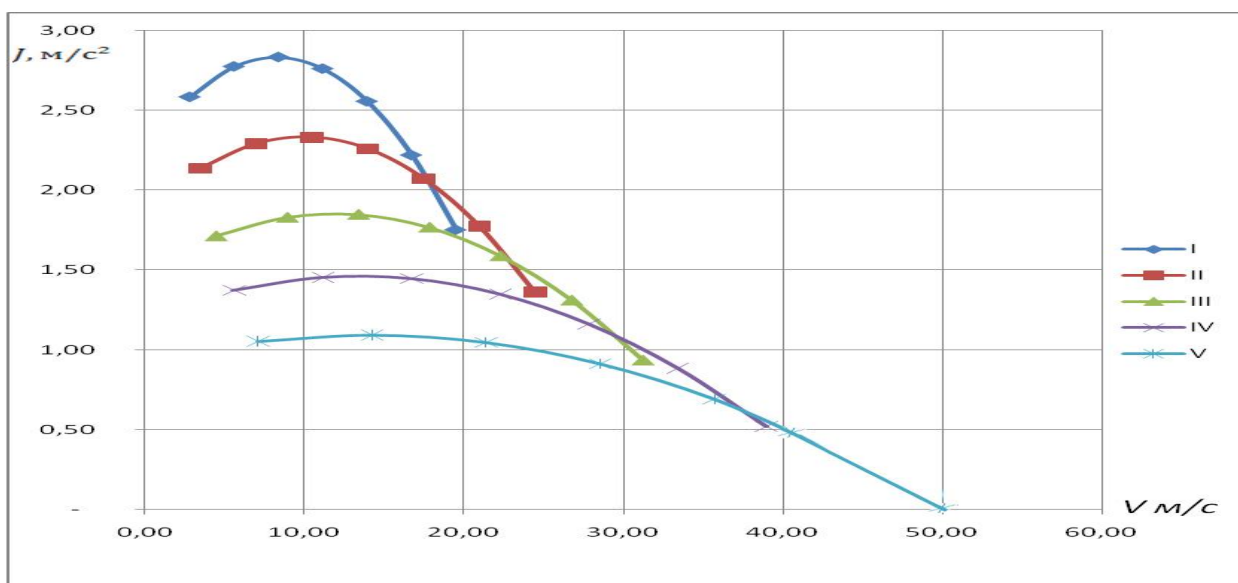


Рисунок 2.4 - Ускорение автомобиля

Производим расчет обратных ускорений

Так как на скоростях, приближенных к максимуму, ускорение стремится к нулю, то при нахождении обратных ускорений довольствуются скоростью:

$$V=(0,8\dots0,9)V_{\max} .$$

Таблица 2.10

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

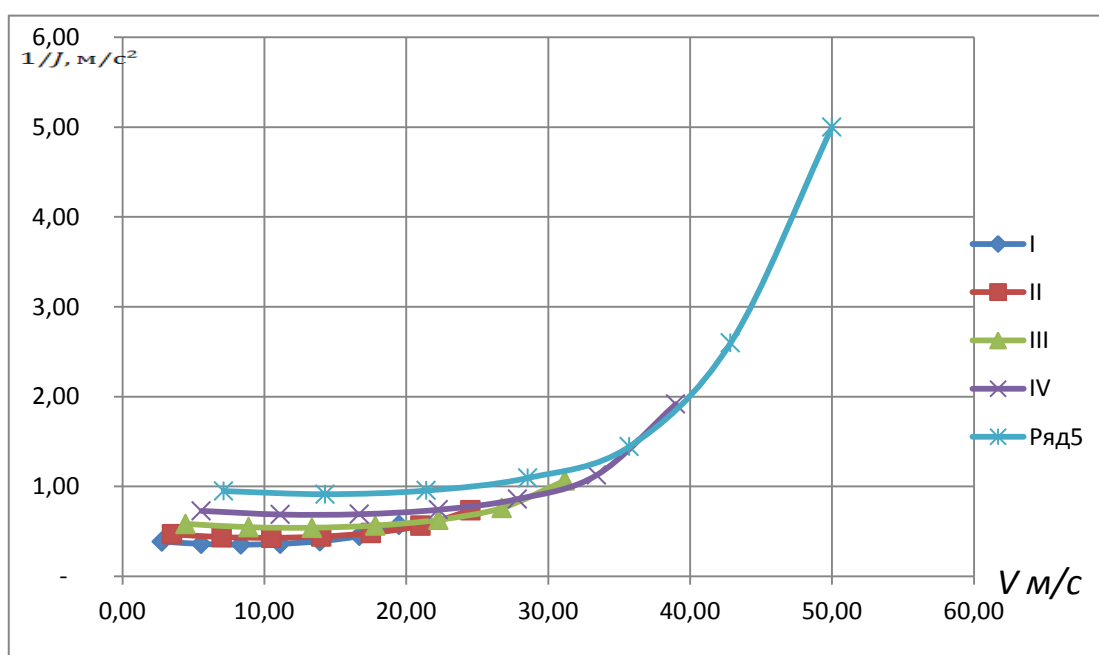


Рисунок 2.5 - Обратные ускорения автомобиля

8. Путь и время разгона автомашины

Время и путь разгона автомобиля определим графоаналитически.

Интегрирование подменим суммой финальных величин.

$$v_{\min} = 2,79 \text{ м/с}$$

$$v_{\max} = 50 \text{ м/с}$$

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

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

По графику обратных ускорений определяем значение $1 J$:

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

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

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

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

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

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

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

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

Результаты занесли в таблицу 2.11.

Таблица 2.11

Диапазон скоростей, м/с	Время, с	$1 J$
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

Путь разгона:

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

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

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

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

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

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

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

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

t берем из таблицы

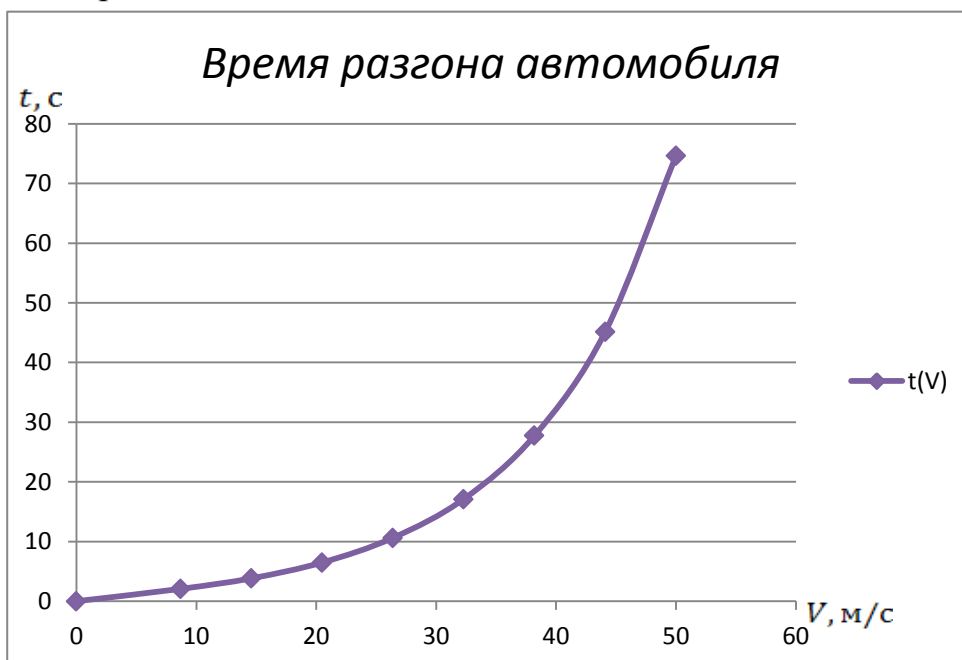


Рисунок 2.6 – Время разгона автомобиля

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Результаты занёс в таблицу 2.12.

Таблица 2.12

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

Путь разгона автомобиля показан на рисунке 2.7.

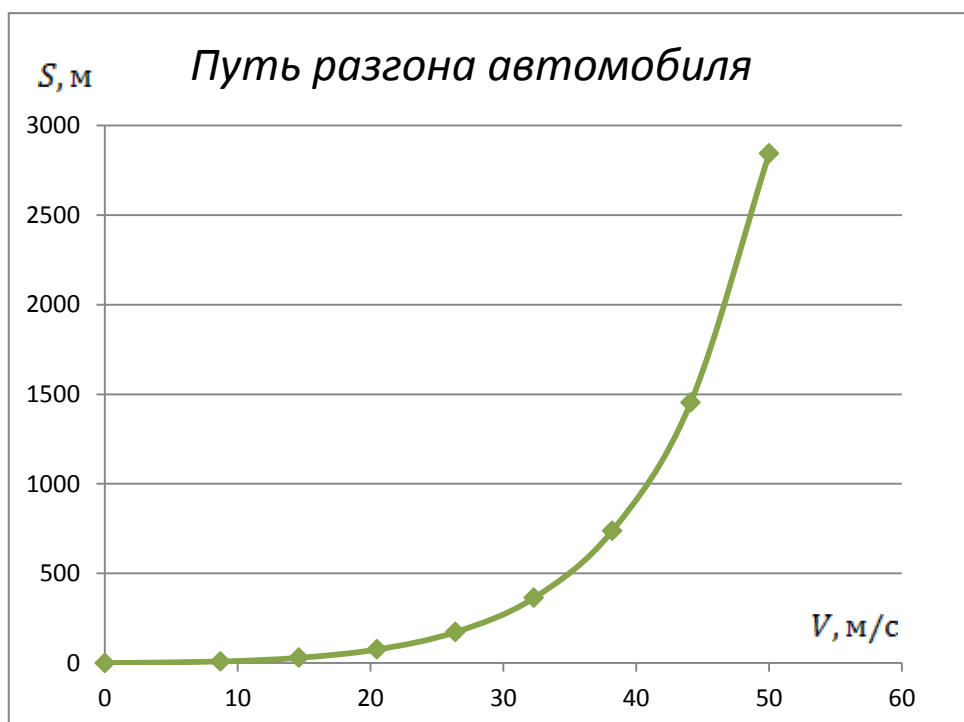


Рисунок 2.7 – Путь разгона автомобиля

График интенсивности разгона показан на рисунке 2.8.

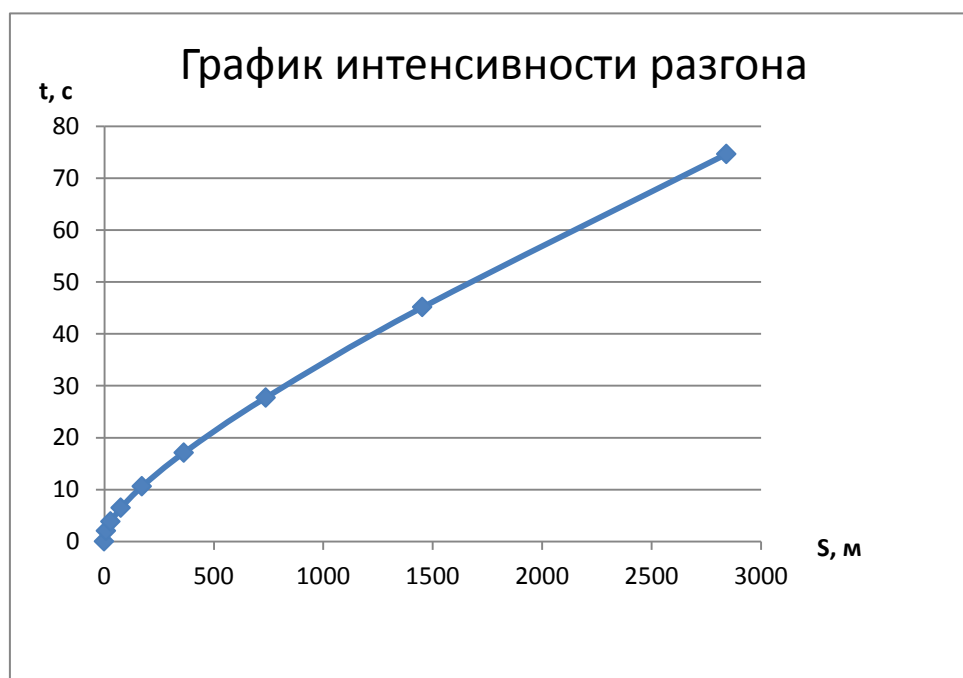


Рисунок 2.8 – График интенсивности разгона

9. Мощностной баланс автомашины.

Уравнение баланса мощностного:

$$N_T = N_e - N_{тр} = N_f + N_{\Pi} + N_B + N_{и} \quad (2.21)$$

N_T – тяг. мощность, или мощность на ведущих колесах

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

$N_f = P_f \cdot V$ – мощность, потраченная на преодоление $F_{сопр}$ качения колес

$N_{\Pi} = P_{\Pi} \cdot V$ – мощность, потраченная на преодоление $F_{сопр}$ подъему

$N_B = P_B \cdot V$ – мощность, потраченная на преодоление $F_{сопр}$ воздуху

$N_{и} = P_{и} \cdot V$ – мощность, потраченная на преодоление $F_{сопр}$ инерции

$$N_d = P_d \cdot V = N_f + N_{\Pi} - \text{мощность, потраченная на преодоление } F_{\text{сопр}}$$

дороги

Составляем таблицу.

Результаты заносим в составленную таблицу 2.13.

Таблица 2.13

$v, \text{ м с}$	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	75145,1
$N_T, \text{ кВт}$	13574,3 4	29135,6 5	44754,8 0	58495,5 4	68428,3 3	72618,3 3	69133,4 9
$N_B, \text{ кВт}$	142,87	1171,45	3921,59	9314,48	18179,1 6	31415,5 5	49901,4 4
$N_d, \text{ кВт}$	1272,32	2756,48	4771,05	7209,29	10602,1 3	14631,1 6	20038,0 8
$N_B + N_d$	1415,18	3927,94	8692,64	16523,7 7	28781,2 9	46046,7 1	69939,5 2
$(N_B + N_d) / N_T$	0,10	0,13	0,19	0,28	0,42	0,63	1,01

Мощностной баланс автомобиля показан на рисунке 2.9.

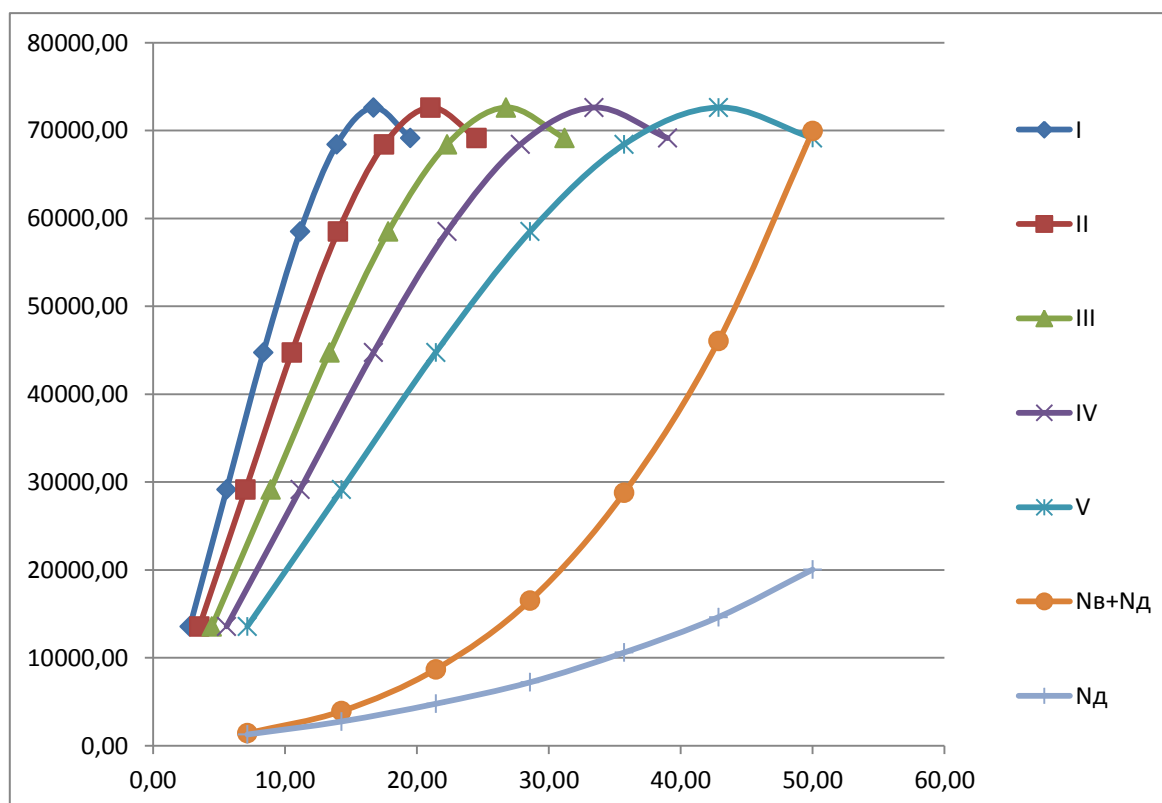


Рисунок 2.9 - Мощностной баланс автомобиля

10. Топливо-экономическая характеристика

$$q_{\Pi} = \frac{k_{\text{СК}} \cdot k_{\text{И}} \cdot P_{\text{Д}} + P_{\text{И}} \cdot g_{\text{emin}} \cdot 1,1}{36000 \cdot \rho_{\text{T}} \cdot \eta_{\text{TP}}} \quad (2.22)$$

$k_{\text{СК}}$ – коэф., предусматривающий изменение эффект. расхода топлива в зависимости от ω

$k_{\text{И}}$ – коэф., предусматривающий изменение эффект. расхода топлива в зависимости от N

g_{emin} – наименьший эффект. расход топлива

Возьмём его равным 340 г/кВт ч

ρ_{T} – топливная плотность

Возьмём ее равной 0,72 кг/л

Коэффициенты $k_{\text{СК}}$ и $k_{\text{И}}$ определим благодаря графикам.

Результаты занёс в таблицу 2.14.

Таблица 2.14

$V, \text{ м/с}$	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
$k_{\text{СК}}$	1,12	1,03	0,99	0,97	0,96	1,01	1,11
$(N_{\text{В}} + N_{\text{Д}}) / N_{\text{T}}$	0,10	0,13	0,19	0,28	0,42	0,63	1,01
$k_{\text{И}}$	2,50	2,45	2,00	1,55	1,25	0,95	1,00
q_{Π}	8,70	10,88	12,60	13,64	15,17	16,17	24,35

Топливо-экономическая характеристика автомобиля показана на рисунке 2.10.



Рисунок 2.10 - Топливо-экономическая характеристика автомобиля

Все полученные графики представили в приложении А.

3 Исследовательская часть

3.1 Тарировка тензометрической площадки

В данной работе проводились исследования влияния площади пятна контакта шины с опорной поверхностью на коэффициент сцепления в продольной плоскости. Использовались три вида покрышек: летняя, зимняя (без шипов) и изношенная, одинакового радиуса R14.

Тарировка тензометрической площадки является первым этапом выполняемых работ. Она является необходимым элементом для проведения испытаний в данной работе.

Для проведения тарировки в первую очередь нам нужно определить коэффициенты тарировки. Их два: вертикальный и горизонтальный.

Для определения значения вертикального коэффициента тарировки составлен следующий алгоритм:

1.) Выбирали три объекта и определяли их массы, для последующих измерений.

2.) Полученные массы в кг переводили в ньютоны путем умножения на 9.8. так мы получали вертикальные нагрузки, которые необходимо приложить к нагружающему устройству.

3.) Поочередно прикладываем полученные вертикальные нагрузки, в результате чего луч на осциллографе смещался на определенное количество миллиметров.

4.) Производили деление значений прикладываемых нагрузок на количество миллиметров смещения луча на осциллографе.

5.) Из трех полученных в результате деления значений мы находили среднее арифметическое.

Конечное значение и является вертикальным коэффициентом тарировки.

Проведение расчетов для определения вертикального коэффициента тарировки:

1.) Массы трех выбранных объектов: $m_1=88,1\text{кг}$; $m_2=96,3\text{кг}$; $m_3=97,9\text{кг}$.

2.) Производим перерасчет из кг в Ньютоны:

$$Z = m * 9,8 \quad (3.1)$$

$$Z_1 = m_1 * 9,8 = 88,1 * 9,8 = 863,4\text{Н};$$

$$Z_2 = m_2 * 9,8 = 96,3 * 9,8 = 943,7\text{Н};$$

$$Z_3 = m_3 * 9,8 = 97,9 * 9,8 = 959,4\text{Н}.$$

3.) В результате приложения к колесу трех вертикальных нагрузок, луч на осциллографе сместился на определенное количество мм. Разница их незначительна.

4.) Производим расчет трёх коэффициентов тарировки:

$$\text{Кварт} = Z_{\text{верт}}/\text{мм} \quad (3.2)$$

$$\text{Кварт}_1 = 86,3 \frac{\text{Н}}{\text{мм}};$$

$$\text{Кварт}_2 = 94,4 \frac{\text{Н}}{\text{мм}};$$

$$\text{Кварт}_3 = 96 \frac{\text{Н}}{\text{мм}}.$$

5.) Находим среднее значение вертикального коэффициента тарировки:

$$\text{Квартср} = (86,3 + 94,4 + 96)/3 = 92,23 \frac{\text{Н}}{\text{мм}} \quad (3.3)$$

Для определения значения горизонтального коэффициента тарировки составлен следующий алгоритм, идентичный предыдущему:

1.) Три раза прикладывали с максимальными усилиями динамометр к тензометрической площадке в противоположном, движению домкрата, направлении, в результате чего получали значение прикладываемой горизонтальной нагрузки в делениях на динамометре.

2.) Переводили значения горизонтальной нагрузки из делений в кг.

3.) Записывали количество миллиметров на которое сместился луч на осциллографе после приложения трёх горизонтальных нагрузок.

4.) Решив пропорцию, с участием количества делений динамометра, килограммов и миллиметров смещения луча, находили зависимость перемещения луча на осциллографе от горизонтальных нагрузок в кг, после чего перевели эти значения в ньютонны путём умножения на 9,8. После предыдущего действия делили полученные значения на количество миллиметров на которое сместился луч на осциллографе после приложения горизонтальных нагрузок, после чего получили три искомого горизонтальных коэффициента тарировки.

5.) Из трёх рассчитанных ранее значений горизонтального коэффициента находили среднее значение. Полученное среднее значение и есть искомым горизонтальный коэффициент тарировки.

Проведение расчетов для определения горизонтального коэффициента тарировки:

- После того, как мы три раза приложили с максимальными усилиями динамометр к тензометрической площадке в сторону, противоположную движению домкрата, получили три приблизительно одинаковых значения в делениях динамометра.

- Полученные количества делений динамометра соответствует примерно одинаковым нагрузкам, около 100 кг каждая.

- Луч на осциллографе сместился на определённое количество мм. Разница между ними является незначительной.

- В результате произведённых вычислений получили три значения горизонтального коэффициента тарировки.

- Находили среднее значение из полученных трёх, вследствие чего нашли среднее, необходимое нам, значение горизонтального коэффициента тарировки, равное $30,6 \frac{\text{Н}}{\text{мм}}$.

3.2 Определение коэффициента сцепления в продольной плоскости

Вторым этапом выполняемых работ является проведение опытов по определению коэффициента сцепления в продольной плоскости.

Ниже приведён алгоритм выполнения данных расчетов.

- 1.) Перерасчет нагрузки из «кг» в «мм» для работы с осциллографом;
- 2.) Определение горизонтальной нагрузки с помощью осциллографа;
- 3.) Определения силы сцепления в продольном направлении;
- 4.) Определение коэффициента сцепления по формуле (3.6).

Подробное описание действий, при выполнении расчетов:

- 1.) Перерасчет вертикальной нагрузки из «кг» в «мм» производим в следующем порядке:

- умножаем нагрузку, прилагаемую к колесу, в килограммах на 9,8, получая значение вертикальной нагрузки в ньютонах;

- полученное значение в ньютонах делим на среднее значение вертикального коэффициента тарировки

2.) Нагружаем колесо до перемещения линии вертикальной нагрузки, на экране осциллографа, на полученное количество миллиметров от исходного положения.

После этого производим перемещение плиты, имитирующей дорожное покрытие, до тех пор, пока не будет происходить проскальзывание шины. В это время на экране осциллографа происходит перемещение линии горизонтальной нагрузки от исходного положения до момента проскальзывания колеса (в это время линия прекращает свое перемещение). Количество миллиметров, на которое линия совершила перемещение, есть горизонтальная нагрузка.

3.) Определяем силу сцепления в продольном направлении, умножая ранее полученную горизонтальную нагрузку в миллиметрах на среднее значение горизонтального коэффициента тарировки.

4.) Определяем значение коэффициента сцепления, разделив силу сцепления на нагрузку, приложенную к колесу, в ньютонах.

В дополнение нужно сказать, что все выше описанные действия выполняются при трех давлениях в шине (1.8 атмосфер; 2.0 атмосфер; 2.2 атмосфер).

В качестве примера выполнения расчетов, определим коэффициенты сцепления колеса, находящегося на нашем стенде. Полученные результаты сведем в таблицу и построим графики зависимости коэффициента сцепления от нагрузки, прикладываемой к колесу, и давления в шине.

ПРИМЕР:

Дано: Давление в шине $P_{ш}=2.0$ атм. Нагрузка, приложенная к колесу=200 кг.

Решение:

$$Z = 200 \text{ кг} * 9,8 = 1960 \text{ Н};$$

$$\text{мм} = Z / K_{\text{вертср}} = 1960 \text{ Н} / 92,23 = 21,2 \text{ мм}; \quad (3.4)$$

Полученная горизонтальная нагрузка=29мм;

$$F = 29 \text{ мм} * 30,6 = 887,4 \text{ Н}; \quad (3.5)$$

$$\varphi = F / Z = 887,4 \text{ Н} / 1960 \text{ Н} = 0,45. \quad (3.6)$$

Зависимость коэффициента сцепления от нагрузки, прикладываемой к колесу показана в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Давление в шине=2.0 атмосфер	
Z,Н	φ
1960 Н	0,45
2450 Н	0,40
2940 Н	0,36

Зависимость коэффициента сцепления от давления в шине показана в таблице 3.2.

Таблица 3.2

Нагрузка, приложенная к колесу= 200 кг=1960 Н	
$P_{ш}$	φ
1.8 атм.	0,50

2.0 атм.	0,45
2.2 атм.	0,40

По алгоритму, изложенному выше, выполняются расчеты коэффициентов сцепления для трех различных колес, при различных нагрузках, прикладываемых к ним.

Производя аналогичные расчеты, получаем значения коэффициентов сцепления, которые сведем в единую таблицу, а также построим графики.

Зависимость коэффициента сцепления от нагрузок, прикладываемых к колесам, и от давления в шинах показана в таблице 3.3.

Таблица 3.3

	ЗИМНЕЕ КОЛЕСО	ИЗНОШЕННОЕ КОЛЕСО	ЛЕТНЕЕ КОЛЕСО
	Нагрузка=270 кг=2646 Н		
$P_{\text{шины}}$	Коэффициент сцепления		
1,8	0,39	0,30	0,46
2,0	0,42	0,32	0,46
2,2	0,36	0,35	0,46
	Нагрузка=307 кг=3009 Н		
1,8	0,39	0,28	0,44
2,0	0,41	0,33	0,45
2,2	0,39	0,33	0,44
	Нагрузка=376 кг=3685 Н		
1,8	0,37	0,33	0,42
2,0	0,37	0,33	0,43
2,2	0,38	0,33	0,43

Результаты зависимостей наглядно показаны на графиках, которые изображены на рисунках ниже

. Зависимость коэффициента сцепления от вертикальной нагрузки при различных $P_{ш}$ для зимней шины изображена на рисунке 3.3.

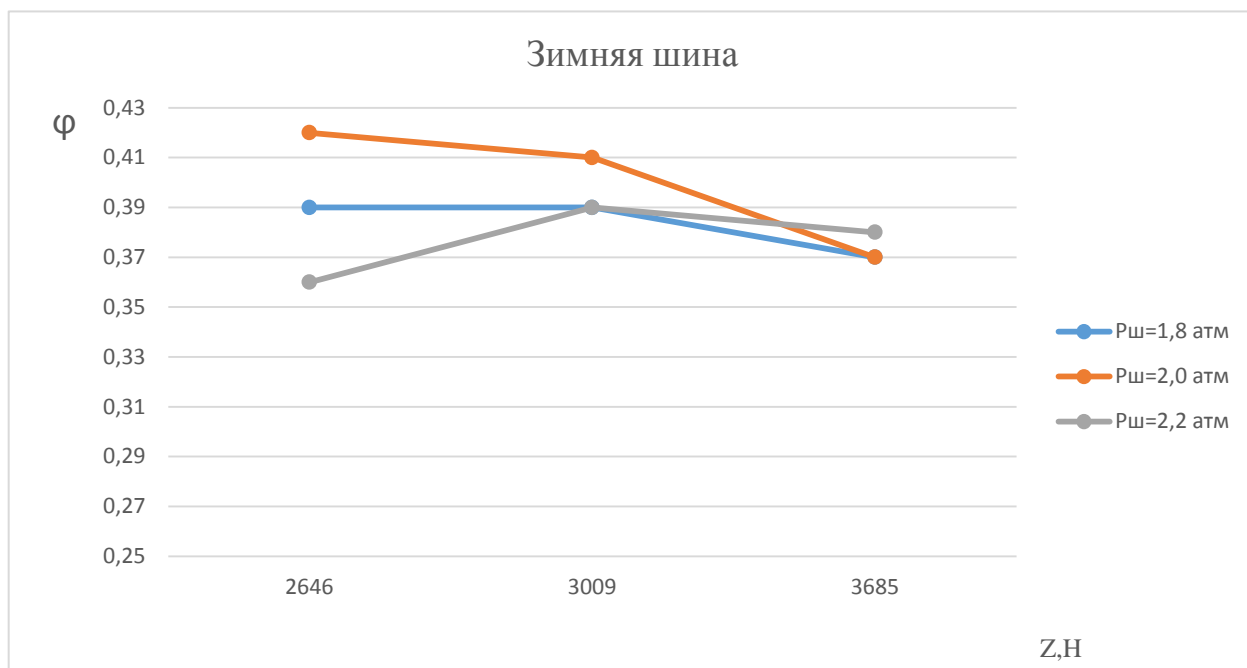


Рисунок 3.3 – Зависимость коэффициента сцепления от вертикальной нагрузки при различных $P_{ш}$ для зимней шины

Зависимость коэффициента сцепления от вертикальной нагрузки при различных $P_{ш}$ для изношенной шины изображена на рисунке 3.4.

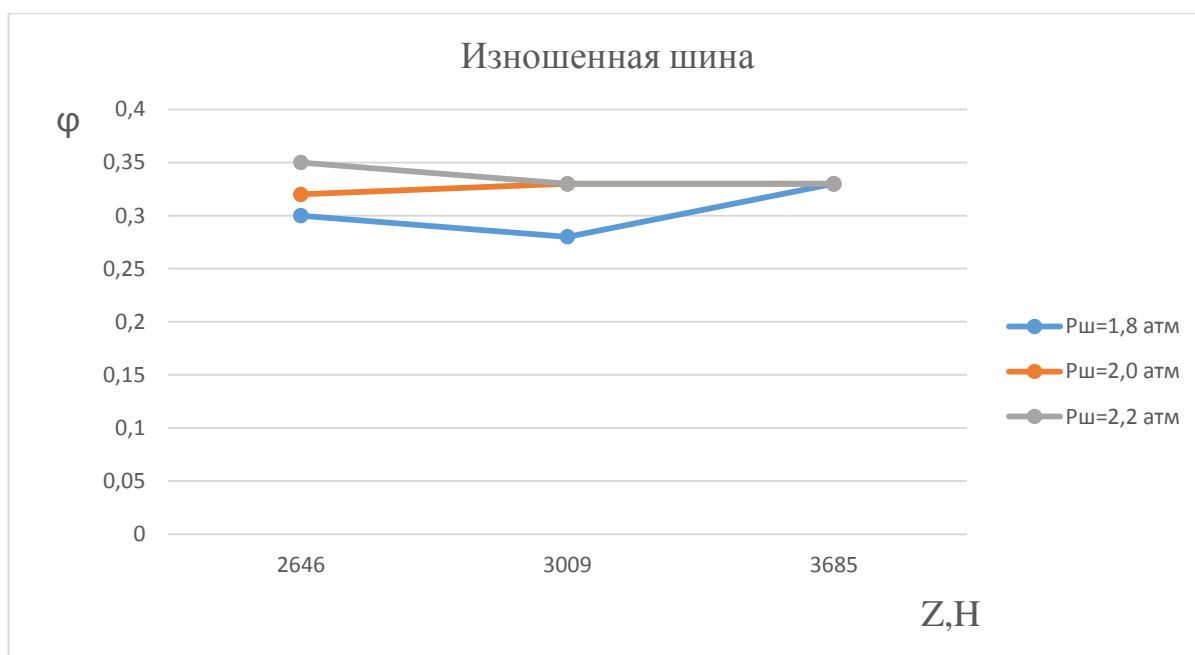


Рисунок 3.4 –Зависимость коэффициента сцепления от вертикальной нагрузки при различных Рш для изношенной шины

Зависимость коэффициента сцепления от вертикальной нагрузки при различных Рш для летней шины изображена на рисунке 3.5.

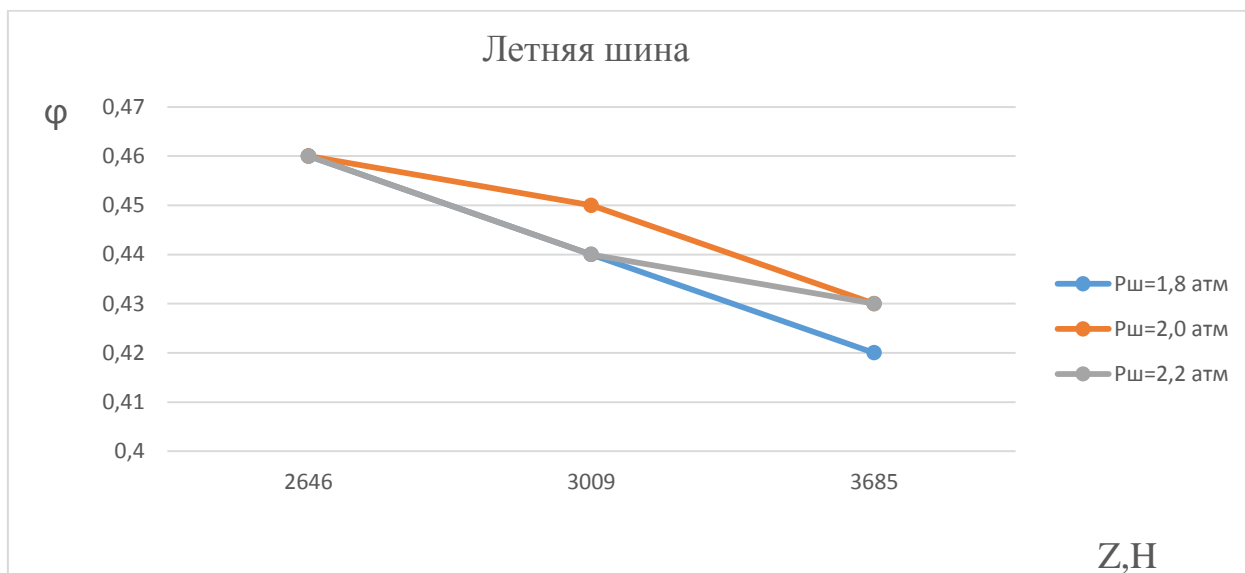


Рисунок 3.5 – Зависимость коэффициента сцепления от вертикальной нагрузки при различных Рш для летней шины

Анализ полученных данных показал, что при увеличении вертикальной нагрузки, действующей на колесо, коэффициент сцепления уменьшается,

несмотря на то, что при использовании разных колес коэффициент сцепления изменяется в определенном диапазоне, который является незначительным. Следовательно, этот диапазон не играет роли и φ уменьшается, при возрастании вертикальной нагрузки на покрышку.

3.3 Зависимость коэффициента сцепления от площади пятна контакта

Третьим этапом выполняемых работ является выявление зависимости коэффициента сцепления от площади пятна контакта шины с опорной поверхностью в продольной плоскости.

После определения коэффициентов сцепления колес при различных вертикальных нагрузках и давлениях в них, опытным путём были определены площади пятна контакта изношенного колеса на стенде для исследования влияния вертикальной нагрузки на площадь пятна контакта шины с опорной поверхностью.

Имея значения площадей пятна контакта летнего и зимнего колеса, с добавлением значений соответствующих коэффициентов сцепления и определенных площадей пятна контакта и коэффициентов сцепления изношенного колеса, мы можем исследовать зависимость φ от площади пятна контакта.

Площади пятна контакта изношенной шины определялись на другом стенде. К колесу с определённым давлением воздуха в нем прикладывалась нагрузка. Между площадкой из оргстекла и колесом помещался прозрачный файл, который прижимался к площадке под действием колеса, вследствие этого было отчетливо видно пятно контакта, которое после обводилось черным маркером. Далее работа заключалась лишь в определении полученных площадей. Расчет производился с помощью миллиметровой бумаги.

Все полученные значения сведём в таблицу 3.4.

Таблица 3.4

	ЛЕТНЕЕ		ИЗНОШЕННОЕ		ЗИМНЕЕ	
	Нагрузка=270 кг=2646 Н					
P	S	φ	S	φ	S	φ
1,8	88,7	0,46	138,3	0,30	103,6	0,39
2,0	82,0	0,46	116,4	0,32	98,9	0,42
2,2	77,2	0,46	112,2	0,35	90,3	0,36
	Нагрузка=307 кг=3009 Н					
P	S	φ	S	φ	S	φ
1,8	102,8	0,44	143,0	0,28	117,4	0,39
2,0	99,3	0,45	132,0	0,33	111,1	0,41
2,2	98,6	0,44	130,2	0,33	107,2	0,39

Продолжение таблицы 3.4

	ЛЕТНЕЕ		ИЗНОШЕННОЕ		ЗИМНЕЕ	
	Нагрузка=376 кг=3685 Н					
P	S	φ	S	φ	S	φ
1,8	125,6	0,42	180,7	0,33	148,6	0,37
2,0	114,9	0,43	156,1	0,33	136,0	0,37
2,2	106,4	0,43	138,4	0,33	115,4	0,38

Зависимость коэффициента сцепления от площади пятна контакта для зимней шины показана на рисунке 3.6.

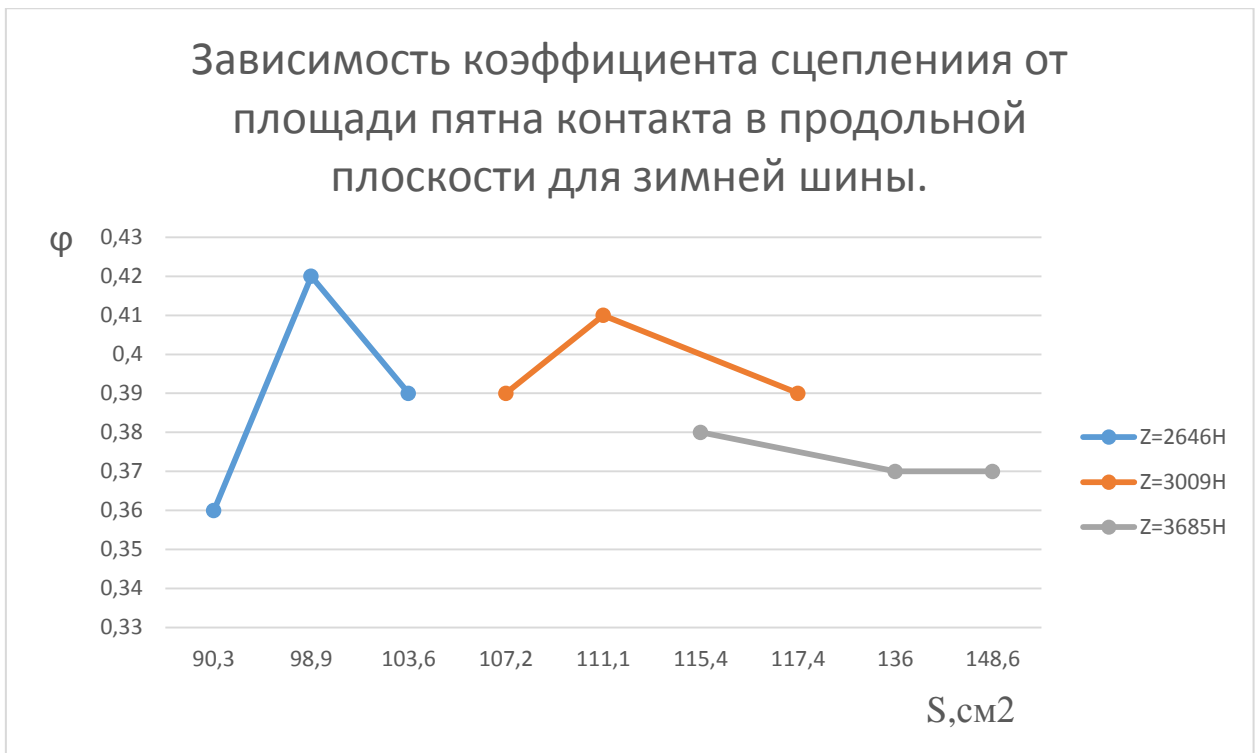


Рисунок 3.6 – Зависимость коэффициента сцепления от площади пятна контакта для зимней шины

Зависимость коэффициента сцепления от площади пятна контакта для изношенной шины показана на рисунке 3.7.

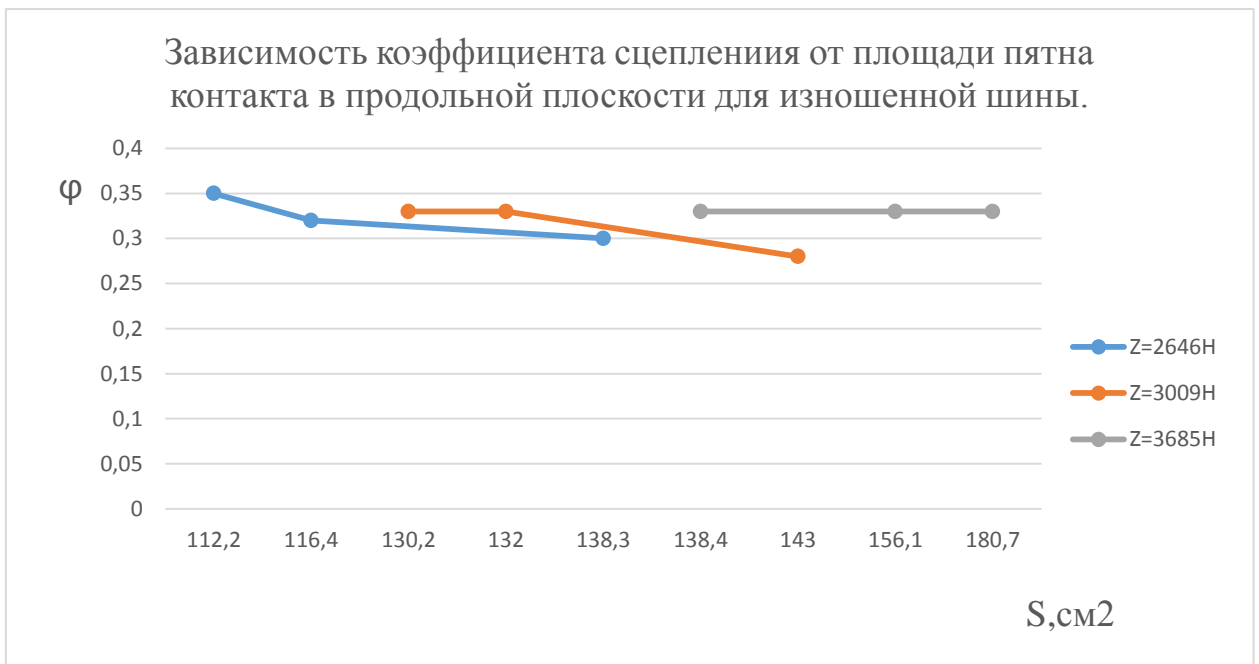


Рисунок 3.7 – Зависимость коэффициента сцепления от площади пятна контакта для изношенной шины

Зависимость коэффициента сцепления от площади пятна контакта для летней шины показана на рисунке 3.8.

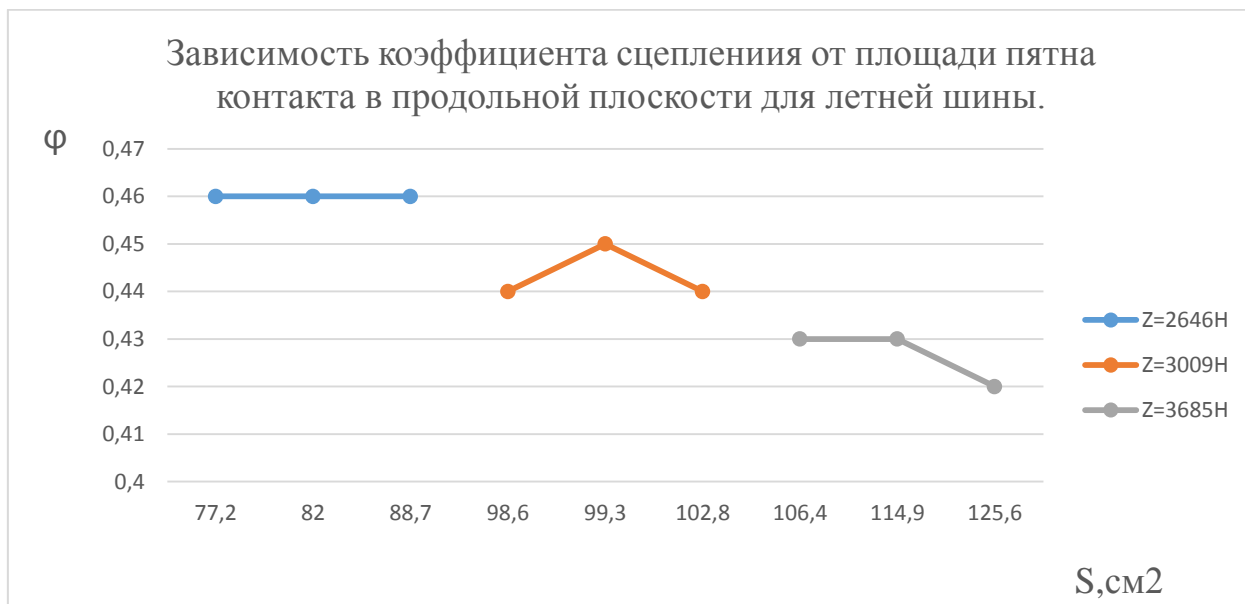


Рисунок 3.8 – Зависимость коэффициента сцепления от площади пятна контакта для летней шины

На рисунке 3.9, в качестве примера, представлены пятна контакта изношенного колеса при одинаковом давлении в шине и разных нагрузках.

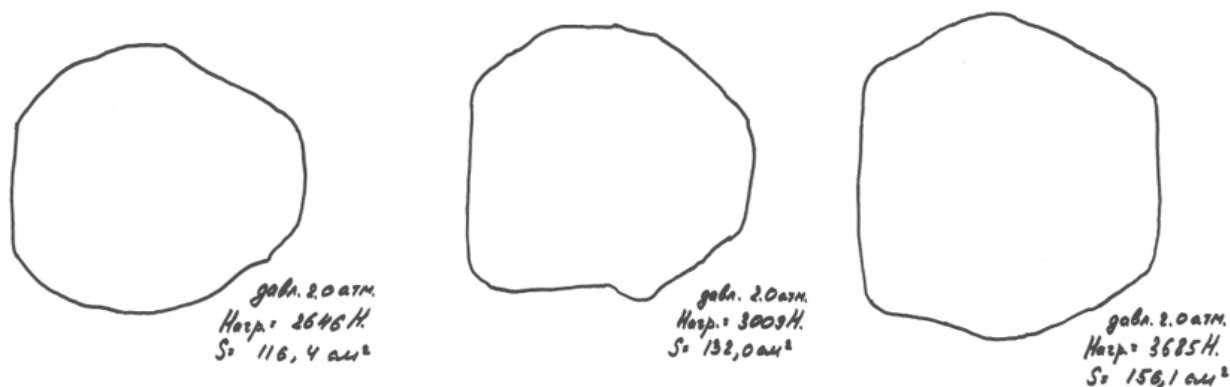


Рисунок 3.9 – Пятна контакта изношенной шины

Все полученные контуры пятна контакта шины представлены в приложении Б.

«Коэффициент сцепления зависит от большого числа различных параметров и в первую очередь от типа покрытия и состояния дороги, конструкции и материала шины, давления воздуха в ней, нагрузки на колесо, распределения напряжений в контакте, скорости движения, температурных условий, процента скольжения или буксования колеса.» - говорят авторы книги «Шины и колёса» В.И. Кнороз и Е.В. Кленников.

Многие частенько думают, что чем больше S пятна контакта, тем лучше сцепление шины с дорогой. И еще многие думают, что чем шире шина, тем больше площадь пятна контакта.

Из формулы Амонтона-Кулона [20] видно, S пятна контакта в силу сцепления не входит. Действительно, с одной стороны, кажется, что чем больше площадь, тем больше элементов шины участвует в зацеплении с дорогой и тем больше сила сцепления, но с другой стороны, это не является правдой. На языке физики, это можно объяснить путём вывода формул.

Формулу Амонтона-Кулона можно переписать иначе, с учетом S пятна контакта и отразить влияние пятна на давление. Давление шины на асфальт равно весу шины, деленному на площадь контакта:

$$P = N/S = mg/S \quad (3.7)$$

где

P — давление шины на дорогу,

$N = mg$ — все тот же вес шины.

Тогда отсюда можно выразить вес через давление:

$$N = PS \quad (3.8)$$

Если подставить эту формулу в закон Амонтона-Кулона, получим:

$$F = \mu PS \quad (3.9)$$

Сила сцепления шины с дорогой пропорциональна коэффициенту сцепления, давлению шины на дорогу и площади пятна контакта. Так воспринимает силу сцепления большинство людей. Но здесь есть подвох - давление напрямую зависит от площади пятна контакта и обратно пропорционально ему. Об этом нам говорит формула (4.3.1). Подставляя сюда выражение для давления, получим:

$$F = \mu mgS/S \quad (3.10)$$

Тогда площадь сокращается, таким образом мы приходим к закону Амонтона-Кулона и силе сцепления, не зависящей от площади пятна контакта.

По полученным данным можно сделать вывод о том, что площадь пятна контакта с опорной поверхностью ни коим образом не влияет на коэффициент сцепления. Коэффициент сцепления ведет себя по-разному во всех приведенных случаях: при одинаковых условиях он то уменьшается, то увеличивается, а иногда и вовсе остаётся неизменным. Это доказано не только опытным путём, но и использованием специальной литературы, в которой не только не сказано ни слова о данной взаимосвязи, но и обосновано физическими законами с приведением формул.

4 Экономическое обоснование эффективности дипломного проекта

4.1 Определение суммарной длительности НИР, и нарастание технической готовности по этапам

В данном дипломе была проделана работа по исследованию влияния площади пятна контакта шины с опорной поверхностью на коэффициент сцепления в продольной плоскости. Наиболее точные испытания проводятся на специальных стендах с высококласным оборудованием, позволяющем проводить испытания при динамических нагрузках. Но такие испытания занимают гораздо больше времени, трудовых и материальных ресурсов. При данном исследовании затрачено в разы меньше ресурсов, что не отразилось на качестве и результате исследования, а также на полученных зависимостях. Также данную работу способны выполнить не только специально обученные инженеры, но и студенты.

Для определения экономической эффективности дипломного составили график этапов длительности НИиОКР, а также составили смету затрат, для того, чтобы провести НИиОКР [11].

Этапы проведения НИиОКР показаны в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Наименование работ	Трудоёмкость, дн.		Исполнитель (должность)	Число исполнителей, чел.	Оборудование, которое применяем
	t_{\min}	t_{\max}			
1	2	3	4	5	6
I. Исследования по маркетингу и патентам.					

Продолжение таблицы 4.1

Наименование работ	Трудоёмкость, дн.		Исполнитель (должность)	Число исполнителей, чел.	Оборудование, которое применяем
	t_{\min}	t_{\max}			
1	2	3	4	5	6
I. Исследования по маркетингу и патентам.					
Сбор данных об аналогичных исследованиях	2	2	Ведущий инженер	1	ПК
			Инженер (студент)	1	
Анализ стоимости аналогичных исследований	1	2	Ведущий инженер	1	ПК
			Инженер (студент)	1	
Оценка целесообразности	1	2	Ведущий инженер	1	ПК

использования результатов проводимых исследований			Инженер (студент)	1	
II. Подготовительные работы и предварительные испытания					
Подготовка аппаратуры, объекта исследования и расходных материалов	0,5	1	Ведущий инженер	1	Стенды
			Инженер (студент)	1	

Продолжение таблицы 4.1

Наименование работ	Трудоёмкость, дн.		Исполнитель (должность)	Число исполнителей, чел.	Оборудование, которое применяем
	t_{min}	t_{mix}			
1	2	3	4	5	6
II. Подготовительные работы и предварительные испытания					
Предварительные испытания, тарировка оборудования и анализ полученных данных	1	1	Ведущий инженер	1	Стенды
			Инженер (студент)	1	
Доводочные работы	0,5	1	Ведущий инженер	1	Стенды
			Инженер (студент)	1	

III.Проведение опытов и анализирование получившихся результатов					
Изучение пятна контакта колеса	1	2	Инженер (студент)	2	Стенд
Измерения параметров коэффициента сцепления колеса в продольной плоскости	1	2	Инженер (студент)	2	Стенд

Продолжение таблицы 4.1

Наименование работ	Трудоёмкость, дн.		Исполнитель (должность)	Число исполнителей, чел.	Оборудование, которое применяем
	t_{\min}	t_{\max}			
1	2	3	4	5	6

III.Проведение опытов и анализирование получившихся результатов

Анализ полученных результатов, построение графиков и формулировка выводов	1	2	Ведущий инженер	1	ПК
			Инженер (студент)	1	

IV.Оформление результатов НИиОКР

Расчёт затрат на проведение НИиОКР и экономической	2	2	Инженер (студент)	1	ПК
--	---	---	-------------------	---	----

эффективности					
Составление и согласование отчёта о проделанной работе	1	2	Ведущий инженер	1	ПК
			Инженер (студент)	1	
Непредвиденные работы	1	2	Ведущий инженер	1	
			Инженер (студент)	1	

Продолжение таблицы 4.1

Наименование работ	Трудоёмкость, дн.		Исполнитель (должность)	Число исполнителей, чел.	Оборудование, которое применяем
	t_{\min}	t_{\max}			
1	2	3	4	5	6
ИТОГ:	13	21			

Определение ожидаемой трудоёмкости каждого этапа

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} \quad (4.1)$$

$t_{\min i}$ – мин. трудоёмкость на i -ом этапе;

$t_{\max i}$ – макс. трудоёмкость на i -ом этапе.

Полученные результаты $t_{\text{ож}i}$ сведём в табл. 4.2.

Таблица 4.2

$t_{\min i}$	$t_{\max i}$	$t_{\text{ожид } i}$
2	2	2.4
1	2	1.4
1	2	1.4
0.5	1	0.7
1	1	1
0.5	1	0.7
1	2	1.4
1	2	1.4

Продолжение таблицы 4.2

$t_{\min i}$	$t_{\max i}$	$t_{\text{ожид } i}$
1	2	1.4
2	2	2.4
1	2	1.4
1	2	1.4

Этап и его длительность, дни:

$$T_{\text{эт } i} = \frac{t_{\text{ожид } i}}{\tau_i}, \quad (4.2)$$

τ_i – число исполнителей.

Сум. длительность НИР, дни:

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m T_{\text{эт } i} \quad (4.3)$$

Удел. вес всех этапов определяем в %, принимая T_{Σ} за 100%:

$$У_{Дэті} = \frac{T_{эті}}{T_{\Sigma}} * 100\% , \quad (4.4)$$

Необходимо отметить, что для оптимизации длительности НИР, следует совместить некоторые этапы, но учитывая специфику данной работы, такая возможность отсутствует.

Исход. данные по числу исполнителей и итоги расчёта длительности выполнения этапов сведены в таблицу 5.3, строится план график выполнения НИиОКР.

Таблица 4.3

Количество исполнителей			t _{ож}	T _{эт}	T _Σ	У _{Дэті}	Δ, %
Ведущий инженер	Инженер (студент)	Итого					
1	1	2	2.4	1.2	8.5	0.14	14
1	1	2	1.4	0.7		0.80	8
1	1	2	1.4	0.7		0.80	8
1	1	2	0.7	0.35		0.05	5
1	1	2	1	0.5		0.06	6
1	1	2	0.7	0.35		0.05	5
-	2	2	1.4	0.7		0.80	8
-	2	2	1.4	0.7		0.80	8
1	1	2	1.4	0.7		0.80	8
1	1	2	2.4	1.2		0.14	14

1	1	2	1.4	0.7		0.80	8
1	1	2	1.4	0.7		0.80	8

График выполнения НИиОКР показан на рисунке 4.1.

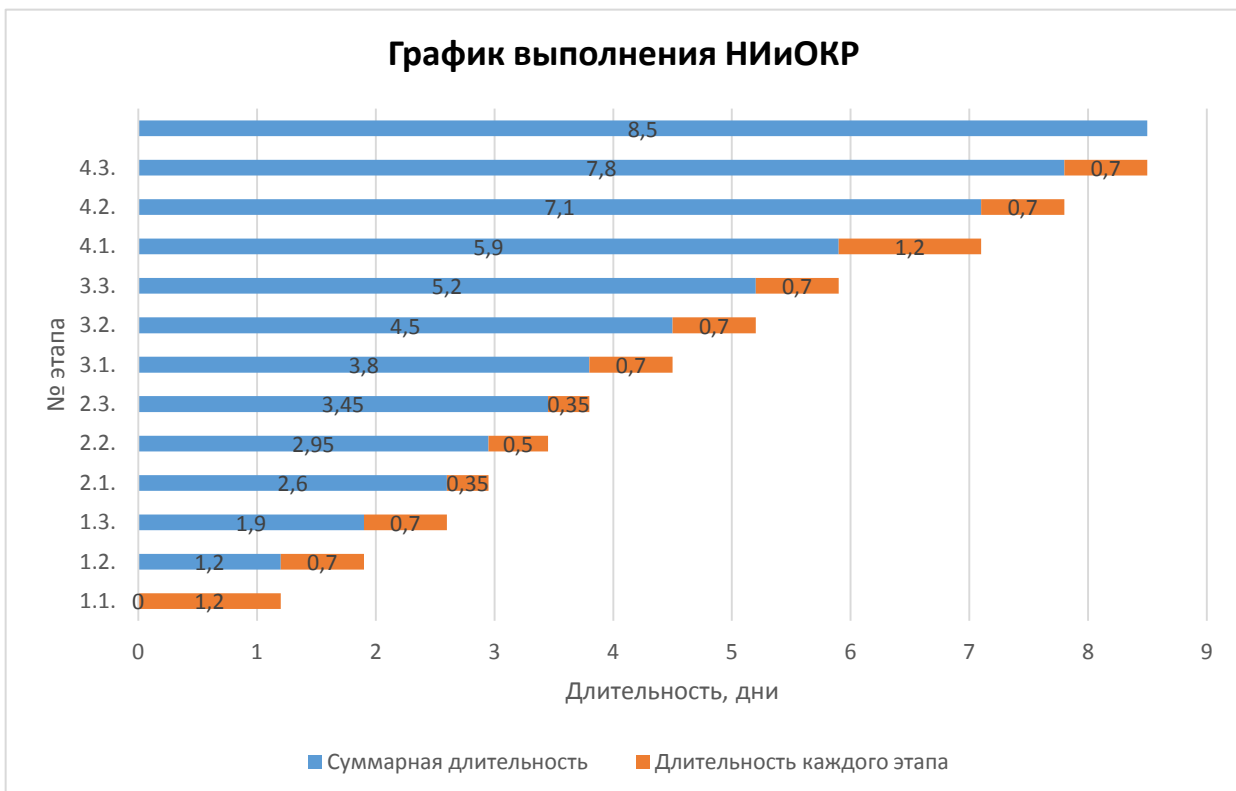


Рисунок 4.1 – График выполнения НИиОКР

Табелирование действий НИР показано в таблице 4.4.

Таблица 4.4

Периоды	Исполнители		
	Ведущ. инженер	Студент-инженер	Студент-инженер
1.1	1.2	1.2	-
1.2	0.7	0.7	-
1.3	0.7	0.7	-
2.1	0.35	0.35	-
2.2	0.5	0.5	-
2.3	0.35	0.35	-

Продолжение таблицы 4.4

Периоды	Исполнители		
	Ведущ. инженер	Студент-инженер	Студент-инженер
3.1	-	0.7	0.7
3.2	-	0.7	0.7
3.3	0.7	0.7	-
4.1	1.2	1.2	-
4.2	0.7	0.7	-
4.3	0.7	0.7	-
ИТОГ:	7.1	8.5	1.4

4.2 Расчёт сметы затрат на НИиОКР

Расчёт эффект. год. фонда раб. времени:

$$F_{\text{эф}} = (365 - \Pi - В - Н) * q - N_{\text{пр}}, \quad (4.5)$$

П – праздники;

В – выходные;

Н – количество возможных невыходов;

q – кол-во часов в смене;

$N_{пр}$ –нерабочие часы в дни перед праздниками.

$$F_{эф} = (365 - 13 - 96 - 5) * 8 - 11 = 1997 \text{ часов}; \quad (4.6)$$

Определение ср. кол-ва раб. дней в мес.:

$$D = F_{эф}/12, \quad (4.7)$$

$$D = 1997/12 * 8 = 21$$

Определение времени $i^{ого}$ исполнителя:

$$K_{исп} i = Fi/D, \text{ мес.} \quad (4.8)$$

Определение з/п исполнителей с окладами по должности:

$$Z_{итр} = K_{исп} i * O_{кл} * N, \quad (4.9)$$

$O_{кл}$ – оклад по должности i -го исполнителя, рубли.

N – число исполнителей.

Определение з/п исполнителей с окладами по должности свели в таблицу 4.5.

Таблица 4.5

Исполнитель (должность)	Число исполнителей, чел.	Средний оклад за месяц, рубли.	Рабочее время, мес.	З/п, рубли.
Ведущ. инженер	1	19500	0,34	6630
Студент-инженер	1	15500	0,41	6355

Студент-инженер	1	15500	0,07	1085
ИТОГ:				14070

Определение з/п всех исполнителей.

$$Z_{\text{исп}} = Z_{\text{итр}}$$

$$Z_{\text{исп}} = 14070 \text{ руб.}$$

Определение отчислений взносов страховых в ПФР, ФОМС, ФСС:

$$\text{Сс. в.} = Z_{\text{исп}} * K_{\text{с.в.}} / 100, \text{ руб.} \quad (4.10)$$

$$\text{Сс. в.} = 14070 * 30 / 100 = 4221 \text{ руб.}$$

$K_{\text{с.в.}}$ – коэф. отчислений во взносы страховые, %.

Определение затрат на эл. энергию:

$$\text{Сэл.} = N_y * K_{\text{исп}} * K_{\text{загр.}} * D_i * n * q * C_{\text{эл}} \quad (4.11)$$

N_y - мощность оборудования;

$K_{\text{исп}}$ – коэф. использования;

$K_{\text{загр}}$ – коэф. загрузки;

D_i – рабочее время $i^{\text{ого}}$ оборудования;

n – число опытов.

Определение затрат на эл. энергию свели в таблицу 4.6.

Таблица 4.6

Название оборудования	N_y , кВт	$K_{\text{загр}}$	$K_{\text{исп}}$	D , дни	$C_{\text{эл.}}$, руб.	$C_{\text{эл.}}$, руб.
-----------------------	-------------	-------------------	------------------	-----------	-------------------------	-------------------------

ПК	0,4	0,6	0,8	2,68	2,582	10,63
Свет	0,7	0,8	0,9	4,2		43,73
Вентиляция	1,4	0,6	0,9	4,2		65,59
Осциллограф	0,4	0,6	0,8	0,7		2,78
ИТОГ:						122,73

4.3 Расчёт амортизационных отчислений

Затраты по амортизации рассчитываются только в том случае, если оборудование будут использовать после для других НИиОКР. Если же купленное или изготовленное оборудование использовали только для этой НИиОКР, то их стоимость полная касается капитальных затрат и целиком вкл. в затраты на НИиОКР.

$$C_{ам} = \frac{C_{об} * N_{ам} * \Sigma t_m}{F_{обор} * 100}, \text{ руб.} \quad (4.12)$$

$F_{обор}$ – год. эффект. работное время оборудования.

$$F_{обор} = (365 - П - В) * q * n * K_{загр} \quad (4.13)$$

$N_{ам}$ – норма отчислений амортизационных;

$K_{загр}$ – коэф. загрузки оборудования i -го;

t_m – общ. Работное время оборудования:

$$t_m = D_{обор. i} * q * n * K_{исп.} \quad (4.14)$$

$D_{обор. i}$ – работное время оборудования i -го;

n – число экспериментов;

$K_{исп.}$ – коэф. использования оборудования i -го;

$C_{об}$ – первичная цена оборудования.

Определение затрат на амортизацию свели в таблицу 4.7.

Таблица 4.7

Название оборудования	С _{об} , Руб.	К _{загр}	К _{исп}	Н _{ам}	Σt _м , Час.	F _{обор} , Час.	С _{ам} , Рубли.
ПК	30000	0,6	0,8	0,2	17,2	1229	84,00
Стенд для измерения площади пятна контакта	17000			0,5	4,5		32,00
Стенд для определения коэффициента сцепления	17000			0,5	4,5		32,00
Осциллограф	30000			0,2	4,5		23,00

Продолжение таблицы 4.7

Название оборудования	С _{об} , Руб.	К _{загр}	К _{исп}	Н _{ам}	Σt _м , Час.	F _{обор} , Час.	С _{ам} , Рубли.
ИТОГ:							171,00

Определение расходов накладных:

$$\text{Снакл} = \text{Зисп} * \text{Кнакл}/100, \text{руб.} \quad (4.15)$$

К_{накл} – коэф. расходов накладных, %

З_{исп} – з/п исполнителей.

$$\text{Снакл} = 14070 * 35/100 = 4925, \text{руб.} \quad (4.16)$$

Определение затрат для покупки деталей и материалов с учтёнными транспортно-заготовительных расходами:

$$\Sigma M = \Sigma C_{Mi} * B_{Mi} + (K_{тзр}/100), \text{руб.} \quad (4.17)$$

C_{Mi} – опт. цена за материал i -го вида, рубли,

B_{Mi} – число купленных изделий i -го вида, шт.,

$K_{тзр}$ – коэф. расходов транспортно-заготовительных, %,

$K_{тзр}=1,45\%$ от M .

Определение затрат для покупки деталей и материалов свели в таблицу

4.8.

Таблица 4.8

Название	Тип	Число B_{Mi} , шт.	C_{Mi} , рубли.	Сумма S_{Mi} , руб.
Файлик прозрачный	A4	9	5	45
Маркер	чёрный	1	53	53
Манометр	гидравлический	1	1100	1100
Колесо в сборе	175/65 R14	1	2500	2500
Компрессор	автомобильный	1	1500	1500
ИТОГ:				5198

Капиталовложений в данной НИиОКР не запланировано.

В таблице 4.9 свели итоги расчётов сметы затрат на НИиОКР, на основании произведённых расчётов.

Также при составлении сметы затрат на НИиОКР мы обязаны учитывать стоимость стендов, составившую:

$$C_{стен} = C_{стен1} + C_{стен2} \quad (4.18)$$

$$C_{стен} = 17000 + 17000 = 34000 \text{ руб.}$$

Таблица 4.9

Статьи	Обозначение	Сумма, рубли.
Текущ. затраты		
Мат. затраты, в т.ч.:		
- купленные материалы и комплектующие	M_i	5198,00
- энергоносители	$C_{элек}$	122,73
Фонд оплаты труда	$Z_{исп}$	14070,00
Отчисления на един. соц. Налог	$C_{с.в.}$	4221,00
Отчисления амортизационные	$C_{ам}$	171,00
Расходы накладные	$C_{накл}$	4925,00
ИТОГО:		28707,73
Изначальная стоимость стендов	$C_{стен}$	34000

ИТОГО:		34000
ВСЕГО затрат на НИиОКР:	$C_{\text{НИиОКР}}$	62707,73

4.4 Экономическая эффективность НИиОКР

Чистый доход актуальный:

$$\text{ЧД} = \text{Саналог} - \text{Спред} = 3067000 - 62707,73 = 3004292,27$$

(4.19)

где

$C_{\text{аналог}} = 3067000$ – затраты по опытам с помощью упрощенного измерительного комплекса TireScan, используемого на промышленных предприятиях.

Капиталообразующие инвестиции:

$$J_o = C_{\text{пред}} = 62707,73 \text{ руб.}$$

Доходности индекс:

$$JD = \frac{\text{ЧД}}{J_o} = \frac{3004292,27}{62707,73} = 47,91 \quad (4.20)$$

Период времени окупаемости проекта:

$$T_{\text{окуп}} = \frac{J_o}{\text{ЧД}} = \frac{62707,73}{3004292,27} = 0,02 \quad (4.21)$$

В таблице 4.10 привели коммер. эффективность проекта.

Таблица 4.10

Чистый доход актуальный	ЧД	3004292,27
Капиталообразующие инвестиции	J_o	62707,73
Доходности индекс	JD	47,91

Период срока окуп. Проекта	$T_{\text{окуп}}$	0,02
----------------------------	-------------------	------

4.5 Анализ индексов экономической эффективности НИиОКР

Проанализировав рынок современного оборудования, позволяющего производить подобные исследования, можно сделать вывод, что лабораторные испытания на стендах в разы дешевле, чем испытания, проводимые с помощью аналогичного оборудования, а именно измерительного комплекса TireScan ($C_{\text{пред}} < C_{\text{аналог}}$).

Полученный индекс доходности составляет 47,91, поэтому проект эффективен и возможен для принятия.

Величина чистого дохода достаточно высока и полностью перекрывает затраченные средства и составляет 3004292,27 руб.

Малый срок окупаемости делает данный проект малорискованным.

Поэтому исследования влияния площади пятна контакта шины с опорной поверхностью на коэффициент сцепления в продольной плоскости проводимые на стендах являются экономически обоснованными и целесообразными и могут внедряться на предприятия для испытаний и в институты с кафедрой «Проектирование и эксплуатация автомобилей».

5 Безопасность и экологичность объекта

5.1 Конструктивно-технологическая характеристика исследования

Коэффициент сцепления шины с опорной поверхностью имеет не оцененное значение в движении и управлении автомобилем, что непосредственно влияет на безопасность передвижения пассажиров. А коэффициент сцепления в продольной плоскости оказывает влияние на поведение автомобиля при осуществлении поворотов и удержании автомобиля на траектории, препятствуя его боковому скольжению, то есть заносу, что является опасным нежелательным фактором, также коэффициент сцепления в продольной плоскости влияет на угол увода, который имеет фундаментальное значение в поведении автомобиля при повороте, коэффициент сцепления в продольной плоскости может противодействовать боковому скольжению прицепов тягачей, обладающих большой парусностью, при порывах бокового ветра на открытых участках трасс. Поэтому шина с правильным давлением, которое обеспечивает надлежащую площадь пятна контакта, обеспечивает как низкое сопротивление качению, надёжное сцепление, комфортабельность и экономичность, так и безопасность передвижения [12].

В данной работе проводились исследования на стендах, которые позволили изучить влияние площади пятна контакта с опорной поверхностью на коэффициент сцепления в продольной плоскости. Рамы стендов выполнены из стали. На раме одного из стендов крепится домкрат гидравлический, нагрузочная рама с колесом, установленным на ней, которая соединяется с основной четырьмя телескопическими направляющими. На раме другого стенда устанавливается механический пресс с ходовым винтом, ступицей колеса и нагрузочной плитой с тензодатчиками, к которым для снятия показаний подключается осциллограф, питающийся от сети напряжением 220 вольт.

Стенды должны обеспечивать:

- безопасность;
- надёжность;
- удобство работ;
- точность показателей, которые снимаем.

Процедура технологического выполнения исследования на стендах.

При выполнении исследований нужны двое людей. Во-первых, на стенде для определения S пятна контакта, определяются S пятна контакта, для этого находится величина вертикальной нагрузки, которой будет подвергнуто исследуемое колесо. Домкратом создаётся определённая нагрузка на оси опоры, которая передает усилие на ступицы ось, которая создаёт нагр. на колесе. Значение данной нагрузки определяется по манометру гидравлическому. На опорную поверхность, которой является стекло, крепится файл, на котором мы обводим контур пятна контакта, затем по формулам, которые зависят от форм отпечатков, рассчитываем его площадь. Во-вторых, на стенде для определения коэффициента сцепления, определяется коэффициент сцепления в продольной плоскости, для этого

находится величина вертикальной нагрузки, которой будет подвергнуто исследуемое колесо. Рукояткой поворотного винта создаётся нужная нагрузка на колесо. Значение нагрузки определяется по осциллографу. Затем рукояткой механического домкрата создаётся усилие в продольной плоскости колеса на опорную плиту до момента проскальзывания колеса на опорной поверхности, по осциллографу снимается величина боковой силы, после чего по формуле рассчитывается коэффициент сцепления. Таким образом проводится несколько опытов с каждым колесом при разных вертикальных нагрузках и давлениях в шине.

Технолог-й паспорт тех. объекта показан в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Технолог-процесс	Технолог-я операция, вид работ	Название должности рабочего	Оборудование, Тех. устройство, приспособление	Вещества, материалы, инструмент,
1	2	3	4	5
Исслед-ие влияния верт. нагрузки на колесо, на S пятна контакта	Установка исслед. колеса на стенд	Инженер вне категории	Стенд для исследования влияния нагр. на величину пятна контакта шины с опор. поверхностью	Баллонный ключ
	Затяжка крепёж. болтов колеса			
	Проведение испытаний			
	Запись результатов и дальнейшая обработка			

Исслед-ие влияния верт. нагр. на колесо, на ф в продол. Плоскости	Установка исслед. колеса на стенд	Инженер вне категории	Стенд для исследования влияния верт. нагрузки на ф в продол. плоскости	Баллонный ключ
	Затяжка крепёж. болтов колеса			
	Испытания			
	Запись результатов и их обработка			

5.2 Идентификация профессиональных рисков

При проведении опытов инженеры пользуются различными инструментами, механизмами и материалами [13]. Для определения безопасности условий труда на рабочем месте применительно к данной работе необходимо выявить наличие опасных и вредных производственных факторов, и их возникновения источники.

Идентификация профессиональных рисков показана в таблице 5.2.

Таблица 5.2

Производственно-технолог-кая и/или эксплуатационно-технолог-кая операция, вид работ	Вредный и/или опасный производ-й фактор	Источник вредного и/или опасного производ-го фактора
Установка исслед. колеса на стенд	К опасным физ. факторам относятся: - подвижные элементы производ-го оборуд-ия без защиты. Ко вред. физ. факторам	- подвиж. рама, которая перемещается с помощью четырёх 4х телескопич. направляющих; - колесо, которое

	относятся: - малоосвещённость раб. места.	закреплено на ступице.
Затяжка крепёж. болтов	К опасным физ. факторам относятся: - подвижные элементы производ-го оборуд-ия без защиты. Ко вред. физ. факторам относятся: - малоосвещённость раб. места.	- колесо, которое закреплено на ступице.

Продолжение таблицы 5.2

Производственно-технолог-кая и/или эксплуатационно-технолог-кая операция, вид работ	Вредный и/или опасный производ-й фактор	Источник вредного и/или опасного производ-го фактора
Подключение осциллографа к сети эл. питания	К опасным физ. факторам относятся: - большое значение напряжения в эл. цепи. К вредным физ. факторам относятся: - малоосвещённость раб. места.	- сеть эл. питания; - тока проводники.
Проведение испытаний на стенде для исслед-ия влияния нагр. на величину пятна контакта шины с опор. поверхностью	К опасным физ. факторам относятся: - подвиж. эл-ты производ-го оборудования без защиты; - отлетающие части исп-го инструмента и	- подвижная рама, которая перемещается с помощью 4х телескопич. направляющих; - колесо, которое закреплено на ступице; - домкрат

	<p>оборудования.</p> <p>К вредным физ. факторам относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> - малоосвещённость раб. места. <p>К психофизиологическим вредным и опасным производ. факторам относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> - чрезмерное напряжение анализаторов зрения. 	<p>гидравлический, нагруж-й колесо;</p>
--	--	---

Продолжение таблицы 5.2

Производственно-технолог-кая и/или эксплуатационно-технолог-кая операция, вид работ	Вредный и/или опасный производ-й фактор	Источник вредного и/или опасного производ-го фактора
<p>Испытания на стенде для исслед. влияния верт. нагрузки на ф в продол. плоскости</p>	<p>К опасным физ. факторам относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> - подвиж. эл-ты производ-го оборудования без защиты; - отлетающ. части использ-го инструмента и оборудования. <p>Ко вред. физ. факторам относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> - малоосвещённость раб. места. <p>К психофизиологическим вредным и опасным производ. факторам</p>	<ul style="list-style-type: none"> - подвиж. плита опорная; - колесо, которое закреплено на ступице; - пресс механический.

	относится: - чрезмерное напряжение анализаторов зрения.	
Изучение данных	Ко вред. физ. факторам относятся: - малоосвещённость раб. места; - эл. магнитное излучение и излучение инфракрасное. - риск поражения электротоком.	- компьютер персональный.

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Для обеспечения профилактических мер по сокращению производственного травматизма и профессиональных заболеваний требуется проводить инструктаж работников по ТБ, ПБ, санитарии производственной, эл. безопасности в зависимости от вида и специфики работ [14].

Ознакомление сотрудников с имеющимися опасными и вредными производственными факторами, технической и эксплуатационной документацией, доведение требований охраны труда, и также применение неопасных методов, а также приёмов выполнения работ включаются в инструктаж по охране труда, который завершается устной проверкой полученных работниками знаний, лицом, проводившим инструктаж.

Проводятся пять видов инструктажей. Работники, только прибывшие на предприятие, проходят вводный инструктаж, затем непосредственно на рабочем месте они проходят первичный инструктаж. Также на предприятиях проводятся повторный, а при необходимости внеплановый и целевой инструктажи.

Для уменьшения или предотвращения воздействия на работников вредных и опасных производственных факторов и защиты от загрязнения, работодатель должен выдать работникам сертифицированные средства индивидуальной защиты, которые должны соответствовать их росту, полу, размерам, а также условиям и характеру работ.

Методы и средства снижения проф. рисков. показаны в таблице 5.3.

Таблица 5.3

Опасный и/или вредный производ. фактор	Организационно-технические методы и тех. СЗ, частич. снижения, полн. устранения опасного и/или вредного производ. фактора	СИЗ работника
Подвижные эл-ты производ. оборудования без защиты	<ul style="list-style-type: none"> - соблюдение безоп. расстояния от подвиж. эл-тов машин. оборудования, - соблюдение правил использования СИЗ: работать в перчатках, которые облегают руку; - назнач. лиц, которые ответственны за соблюдение ТБ. 	<ul style="list-style-type: none"> - спец. обувь и одежда; - перчатки.
Отлетающ. части использ-го инструмента	<ul style="list-style-type: none"> - уст. защит. ограждений, кожухов; 	<ul style="list-style-type: none"> - спец.обувь и одежда;

и оборудования	- соблюдение правил использования СИЗ: перед работой раб. одежда приводится в опрятный вид.	- очки противоударные.
Малоосвещённость раб. Места	- приведение искусственного света к нормам, правилам регламентирующих минимально допустимый свет на раб. местах, а естественный и совмещённый свет должен быть соответствующим коэф-ту естественной освещённости (КЕО).	-искусственные приборы осветительные.

Продолжение таблицы 5.3

Опасный и/или вредный производ. фактор	Организационно-технические методы и тех. СЗ, частич. снижения, полн. устранения опасного и/или вредного производ. фактора	СИЗ работника
Чрезмерное напряжение анализаторов зрения, чрезмерное напряжение ума	- организация перерывов, которые длятся 10-15 минут каждые 45-60 минут. Во время него работники должны делать разминку глаз и лёгкие физ. упражнения; - требование соблюдения норм СанПиН при работе на ПК; - соответствие раб. места нормам	- очки со спец. покрытием для работы на ПК.

		эргономики.	
Излучения: магнитное инфракрасное	эл. и	<ul style="list-style-type: none"> - организация перерывов, которые длятся 10-15 минут каждые 45-60 минут. Во время него работники должны делать разминку глаз и лёгкие физ. упражнения; - требование соблюдения норм СанПиН при работе на ПК. 	- очки со спец. покрытием для работы на ПК.

Продолжение таблицы 5.3

Опасный и/или вредный производ. фактор	Организационно-технические методы и тех. СЗ, частич. снижения, полн. устранения опасного и/или вредного производ. фактора	СИЗ работника
Повыш. значение напряж.в эл. цепи; Риск поражения электротоком.	<ul style="list-style-type: none"> - назнач. лиц, которые ответственны за исполнение ТБ; - заземление оборудования; - уст. защит. кожухов, коробов; - инструктаж по эл. безопасности; - осмотр тех. состояния и исправности эл. сети, 	

	проводников и эл. оборудования.	
Напряжение нервно-эмоциональное	<ul style="list-style-type: none"> - обеспечение оптимальных параметров микроклимата; - ежеднев. влажная уборка; - организация систематич. Проветривания, каждый час работы. 	

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Рабочему участку, на котором проводится опыт, даётся катег. «А» - пожары, которые связаны с горением горюч. Твёрд. веществ и материалов конструкц-х, т.к. при выполнении опыта исп-ют резинометаллическое изделие – крышка, и катег. «Е» - пожары, которые связаны с горением и восплам. веществ, материалов электроустановок, которые находятся под эл. напряжением, так как в работе используется эл. оборудование – осциллограф, а для обработки данных – персональный компьютер [15].

Помещение оборудуется ПП сигнализацией, уведомляющей органы пожарной охраны о возгорании. Ко всем дверям должен быть свободный доступ, и они должны открываться по направлению выхода эвакуации. Строго запрещается загромождать проходы и эвакуационные выходы.

Все сотрудники обязаны проходить обучение и инструктажи по ПБ. Основными средствами пожаротушения являются огнетушители. Для нашего технического процесса был использован один огнетушитель порошкового типа марки ОП-8, а также в случае задымления помещения и во избежание отравления продуктами горения используются средства индивидуальной защиты – фильтрующий самоспасатель, в количестве 2 штук.

Идентификация классов и опасных факторов пожара показана в таблице 5.4.

Таблица 5.4

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасн. факторы пожара	Сопут. проявления факторов пожара
Лаборатория	<ul style="list-style-type: none"> - Стенд для исслед. влияния нагр. на величину пятна контакта шины с опор. поверхностью; - Стенд для исслед. влияния верт. нагр. на ф в продол. 	А,Ф	<ul style="list-style-type: none"> - Пламя и искры; - Тепловой поток - Повышенная температура окружающей среды; - Снижение видимости в дыму. 	<ul style="list-style-type: none"> - Образующиеся в процессе пожара осколоч. фрагменты; - Выделяющ. токсич. вещества и продукты горения; - Риск поражения

	плоскости; - Осциллограф -ПК.			ЭЛ.ТОКОМ.
--	-------------------------------------	--	--	-----------

Технические средства обеспечения пожарной безопасности показаны в таблице 5.5.

Таблица 5.5

Первич. средства пожаротушения	Моб. средства пожаротушения	Стационар. установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	СИЗ и спасения людей при пожаре	Пожар. сигнализация, оповещение и связь
Огнетушитель – ОП-8	Пожар. машины	Водн. и пенные системы пожаротушения	Тех. средства оповещ. и упр. эвакуации	Фильтрующая самоспаса-тельница	Руч., тепловой пожар. извещатель

Орг. мероприятия по обеспечению пожар. Безопасности показаны в таблице 5.6.

Таблица 5.6

Название тех. процесса	Название видов реализуемых мероприятий орг.	Предъявляемые норматив. требования по обеспечению ПБ, эффекты реализуемые
- Опыты на стендах; - Обработка получившихся данных.	Назнач. должн. лиц, которые ответственны за ПБ на объекте.	- Своевременность выполнения требований ПБ; - Создание и содержание в соответствии уст. порядка тех. средства противопожарной защиты.
	Организация	- Орг-ия и

	противопожар. режима	<p>оборудование мест, предназначенных для курения и применения открыт. огня;</p> <p>- Установление правил проезда и стоянки транспорт. средств;</p> <p>- Установление порядка обесточивания эл. оборудования в случае пожара;</p> <p>- Создание инструкции по действиям работников при обнаружении очага возгорания;</p> <p>- Установить порядок проведения осмотров и ремонтов пожароопас. оборудования.</p>
--	----------------------	---

5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

При идентификации исследуемого технического объекта не выявлено негативных экологических факторов. Вредные вещества, влияющие на здоровье и трудоспособность человека, отсутствуют. Положительно отразится на окружающей нас среде правильное избавление от автомобильных шин, применяемых в данной работе.

Организационно-тех. мероприятия по снижению негатив. воздействия антропогенного на окружающ. среду показаны в таблице 5.5.

Таблица – 5.5

Название тех. объекта	Стенды для исслед. влияния верт. нагрузки на колесо
Мероприятия по сниж-ю негатив. воздействия антропогенного на атмосферу	Исследования влияния S пятна контакта шины на ф в продол. плоскости, позволяет подобрать оптимальные хар-ки шины, что
Мероприятия по сниж-ю негатив.	

воздействия антропогенного на гидросферу	благоприятно скажется на расходе топлива. Обеспечение топлив-й экономичности автомобиля влечёт за собой уменьшение токсич. выбросов в виде CO ₂ и NO _x .
Мероприятия по сниж-ю негатив. воздействия антропогенного на литосферу	

5.6 Вывод

В пределах раздела «Безопасность и экологичность объекта» обнаружены опасные и вредные производственные факторы. Приведены выполняемые работы и используемое оборудование. Осуществлено определение профессиональных рисков процесса производственно-технологического, которые могут возникнуть и технологических операций. Были выявлены следующие опасные и вредные производственные факторы: подвижные элементы производственного оборудования без защиты, плохо освещённое рабочее место, чрезмерное напряжение анализаторов зрения, чрезмерное умственное напряжение, риск поражения электрическим током, нервно-эмоциональное напряжение. Было проанализировано обеспечение пожарной безопасности технического объекта, опасные факторы и класс пожароопасности. Составлен перечень ПБ технических средств. Созданы организационно-технические мероприятия по уменьшению профессиональных рисков. Выбраны обоснованные технические СИЗ для сотрудников. Проанализирована экологическая безопасность технического объекта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном проекте проведено исследование влияния площади пятна контакта шины с опорной поверхностью на коэффициент сцепления в продольной плоскости. В работе были построены соответствующие графики, а также был выполнен анализ данных, полученных в ходе исследования. В результате произведённого исследования, сделан вывод о том, что площадь пятна контакта не влияет на коэффициент сцепления. В экономической части произведён расчёт затрат на проведение НИиОКР и позже был составлен план проведённых исследований. На его основе был построен график длительности этапов. В результате работы, которая была проведена, очевидно, что использование нашего стенда более выгодно экономически, чем исследование с помощью комплекса компьютерного обеспечения по работе с сенсорными датчиками под названием TireScan. Так же были созданы организационно-технические мероприятия по снижению профессиональных рисков, для выполняющих исследования, были выбраны конкретные СИЗ, являющиеся технически обоснованными, для работников,

участвующих в производственно-технологическом процессе и проведен анализ безопасности технического объекта в экологическом плане. По результатам работы подготовлена статья, которая будет опубликована в сборнике ТГУ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тверитнев, М.В. Англо-русский и русско-английский автомобильный словарь [Текст] / М.В. Тверитнев. – М. : РУССО, 2001. – 492 с.
2. Кнороз, В.И. Автомобильные колёса [Текст] / В.И. Кнороз. – М. : НИИНавтопром, 1972. – 85 с.
3. Путин, В.А. Автомобильные колеса с регулируемым давлением воздуха в шинах: учеб. пособие [Текст] / В.А. Путин. – Челябинск : ЧПИ, 1974. – 96 с.
4. Бакфиш, К. Новая книга о шинах [Текст] / К. Бакфиш, Д. Хайнц. – М. : ООО «Издательство АСТ», 2003. – 163 с.
5. Кравец, В.Н. Теория автомобиля [Текст] / В.Н. Кравец. – Нижний Новгород : НГТУ, 2007. – 30 с.

6. Запорожцев, А.В. Износ шин и работа автомобиля [Текст] / А.В. Запорожцев, Е.В. Кленников. – М. : НИИ информации автомоб. промышленности, 1971. – 52 с.
7. Павлов, В.П. Автомобильные эксплуатационные материалы [Текст] / В.П. Павлов, П.П. Заскалько. – М. : Транспорт, 1982. – 208 с.
8. Балабин И.В. Испытания автомобилей [Текст] / И.В. Балабин. – М. : Транспорт, 1988. – 152 с.
9. Черепанов, Л.А. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля: учеб. пособие [Текст] / Л.А. Черепанов. – Тольятти : ТГУ, 2016 – 39 с.
10. Черепанов, Л.А. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля: учеб. пособие [CD] / Л.А. Черепанов. – Тольятти : ТГУ, 2016 – 39 с.
11. Капрова, В.Г. «Технико – экономическое обоснование дипломного проекта конструкторского и исследовательского направлений». Уч. – методическое пособие [Текст] / В.Г. Капрова. – Тольятти : ТГУ, 2017 – 50 с.
12. Васильев, Н.М. Автомобильный транспорт: организация и эффективность [Текст] / Н.М. Васильев, Н.Н. Хмелевский, Г.И. Чанов-Чернис. – М. : Транспорт, 1985. – 208 с.
13. Якубовский, Ю. Автомобильный транспорт и защита окружающей среды [Текст] / Ю. Якубовский. – М. : Транспорт, 1979–198 с.
14. Долина, П.А. Основы техники безопасности в электроустановках: учеб. пособие [Текст] / П.А. Долина. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 448 с.
15. Горина, Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч. –

методическое пособие [Текст] / Л.Н. Горина. – Тольятти : ТГУ, 2016. – 33 с.

16. Lawrence, V. The translation studies reader [Text] / V. Lawrence. – NY. : University of New York, 2000. – 221 p.

17. William, C.O. Clutches and Brakes [Text] / C.O. William. – Boca Raton : CRC Press, 2004. – 300 p.

18. Reza, N.J. Vehicle Dynamics: Theory and Application [Text] / N.J. Reza. – Chicago : Mechanical engineering, 2008. – 100 p.

19. Shaver, R. Manual transmission clutch systems [Text] / R. Shaver. – Glasgow : Society of Automotive Engineers, 1997. – 191 p.

20. Thomas, D.G. Fundamentals of Vehicle Dynamics [Text] / D.G. Thomas. – Michigan : University of Michigan, 1992. – 151 p.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Графики тягово-динамического расчета

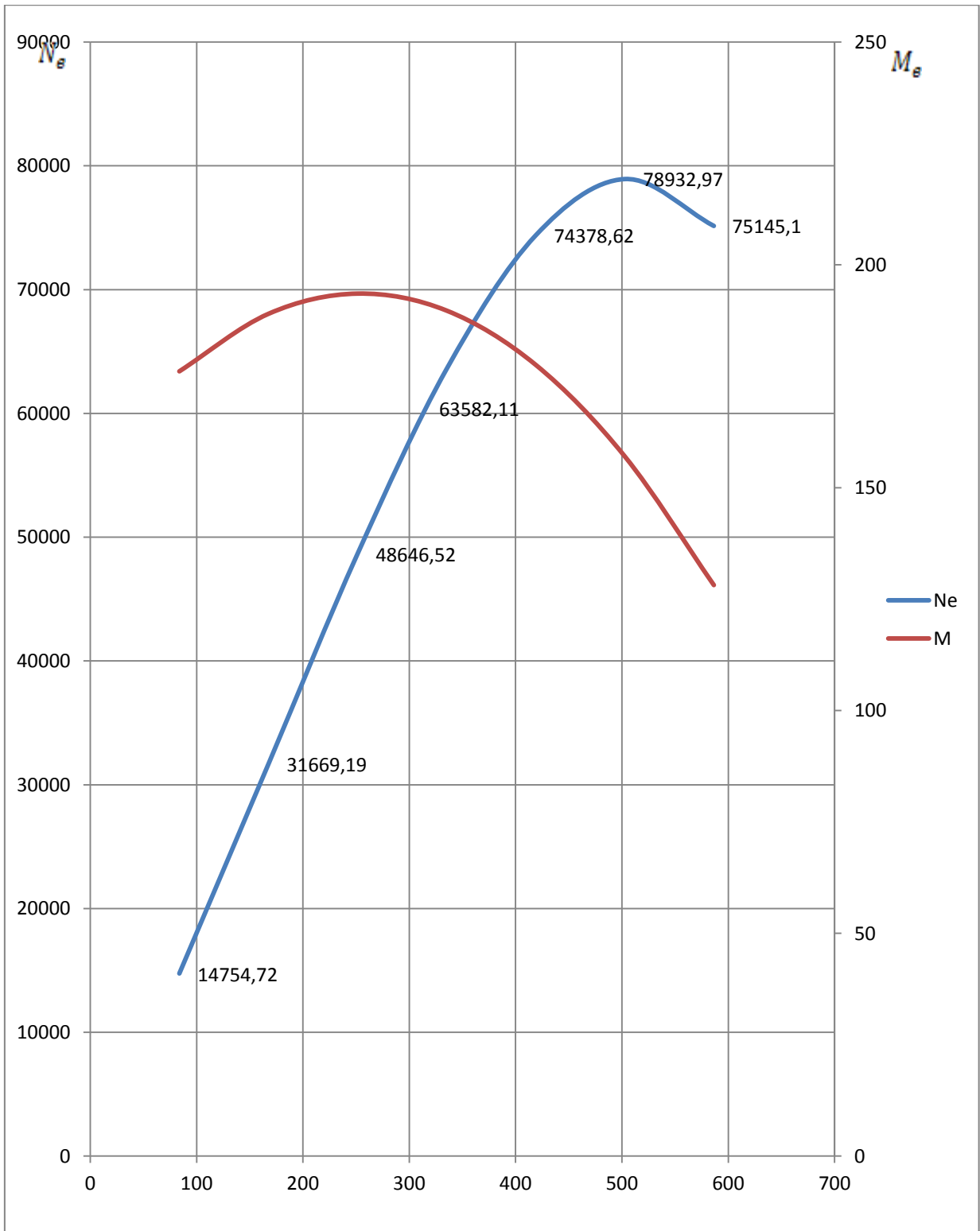


Рисунок А1 – Внешняя скоростная характеристика

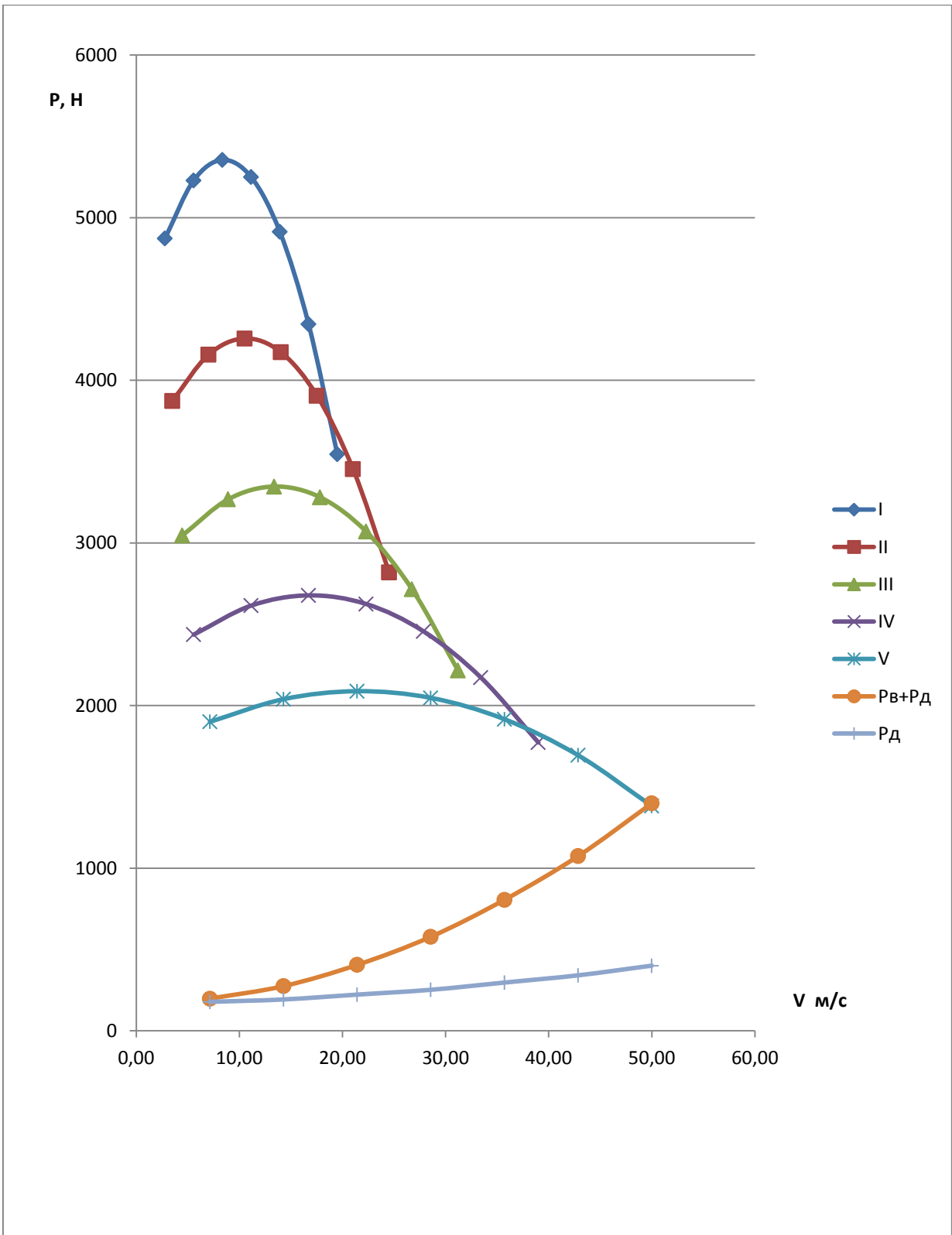


Рисунок А2 – Тяговый баланс автомобиля

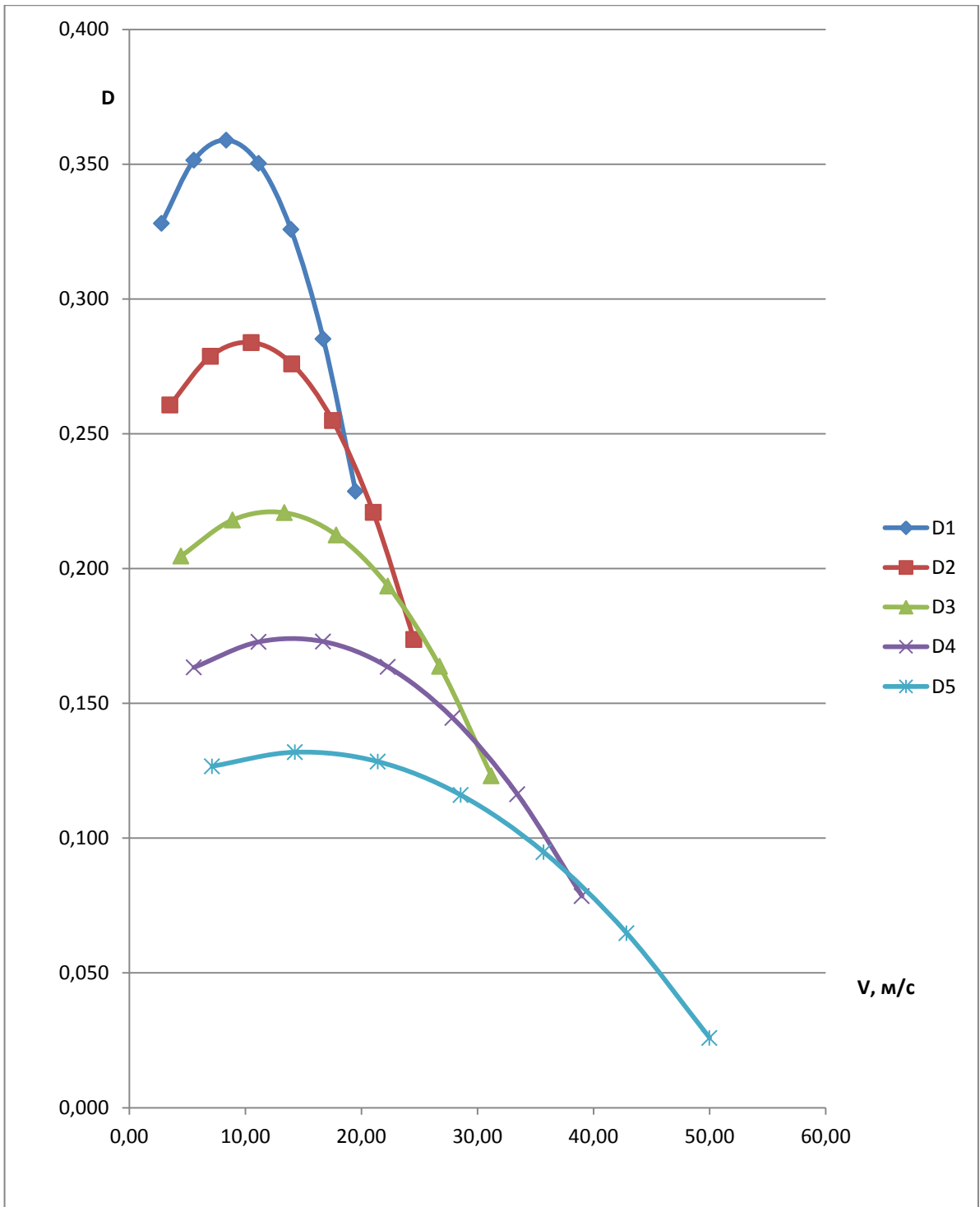


Рисунок А3 – Динамическая характеристика

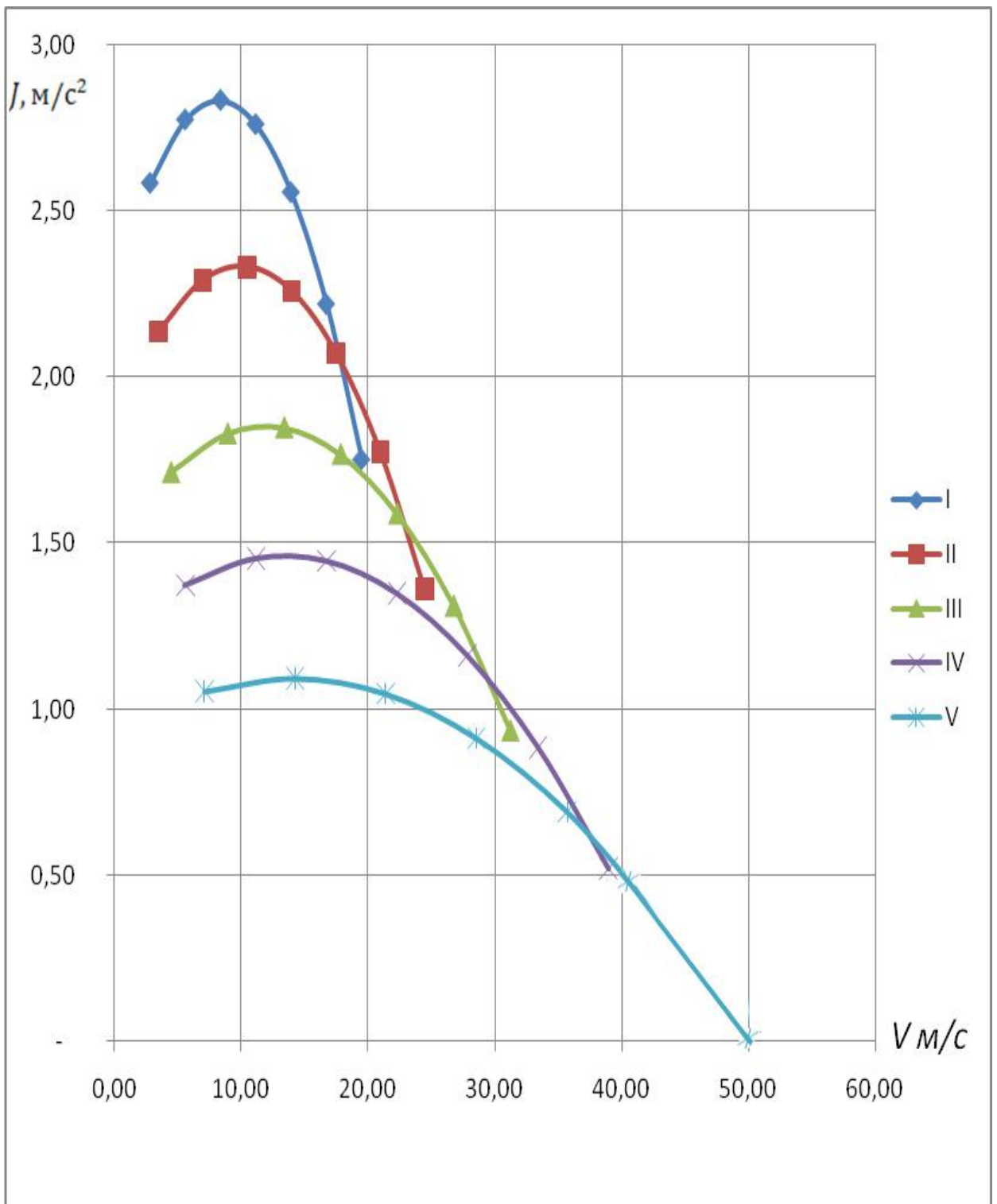


Рисунок А4 – Ускорения автомобиля

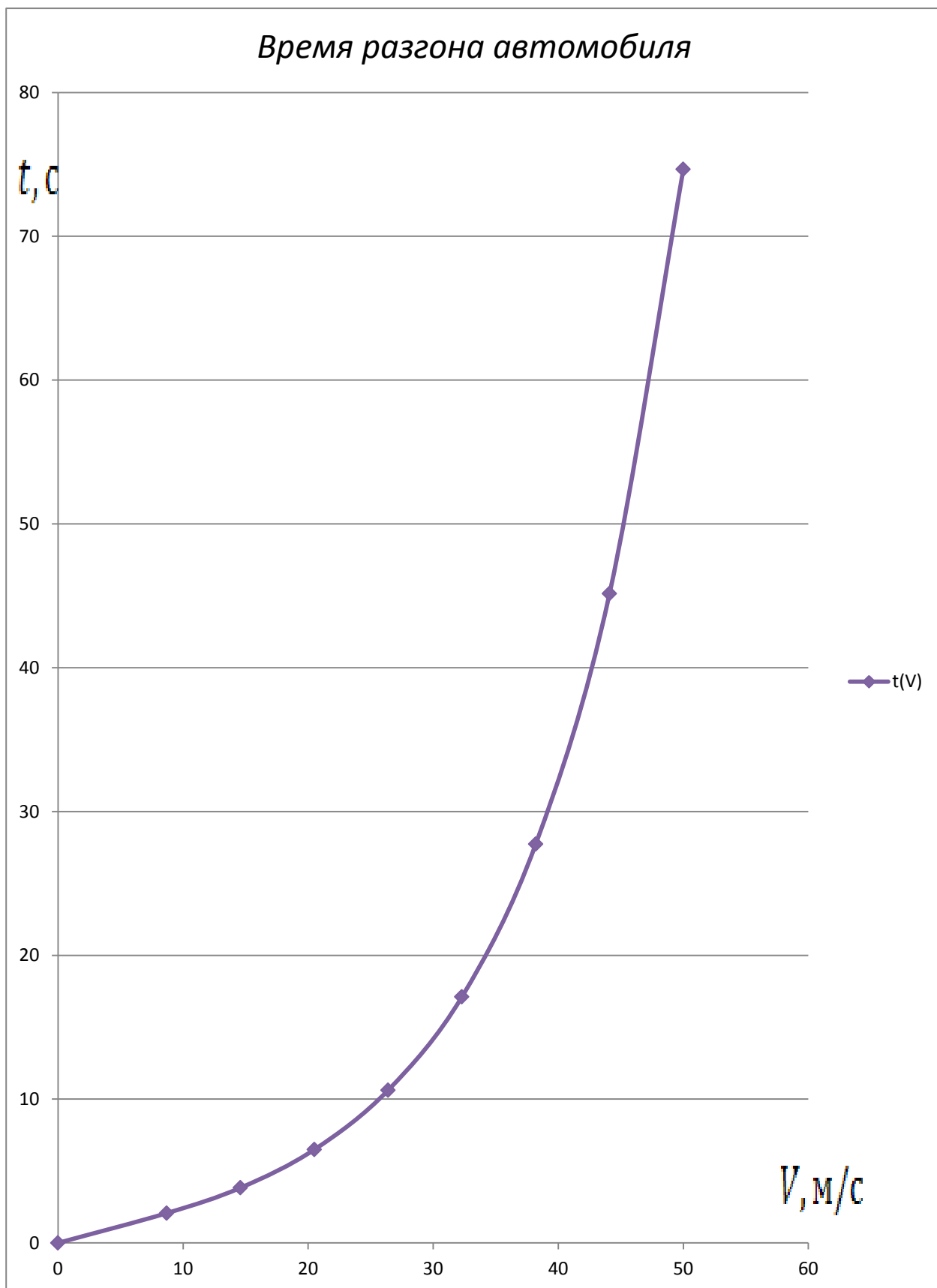


Рисунок А5 – Время разгона автомобиля

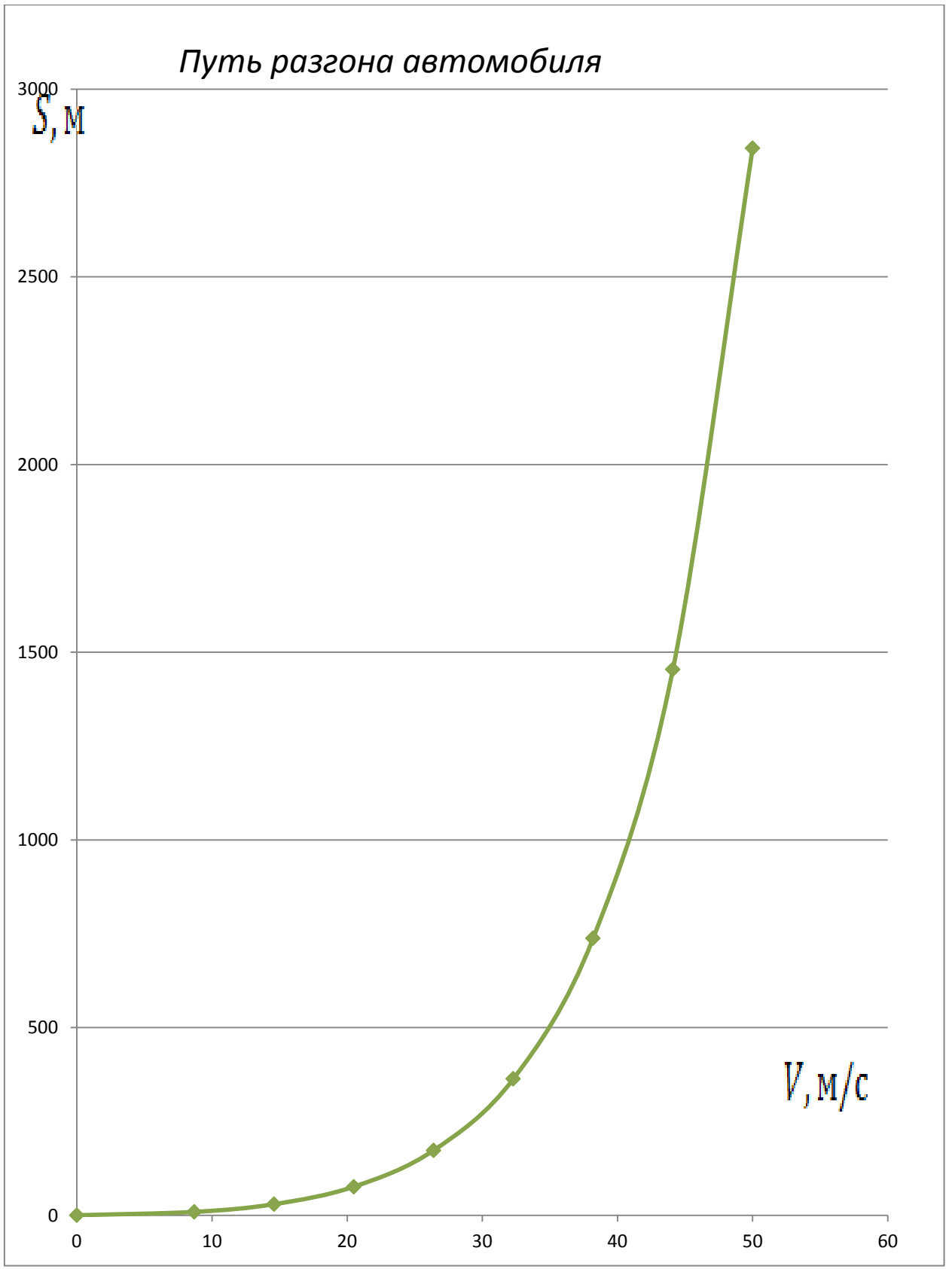


Рисунок А6 – Путь разгона автомобиля

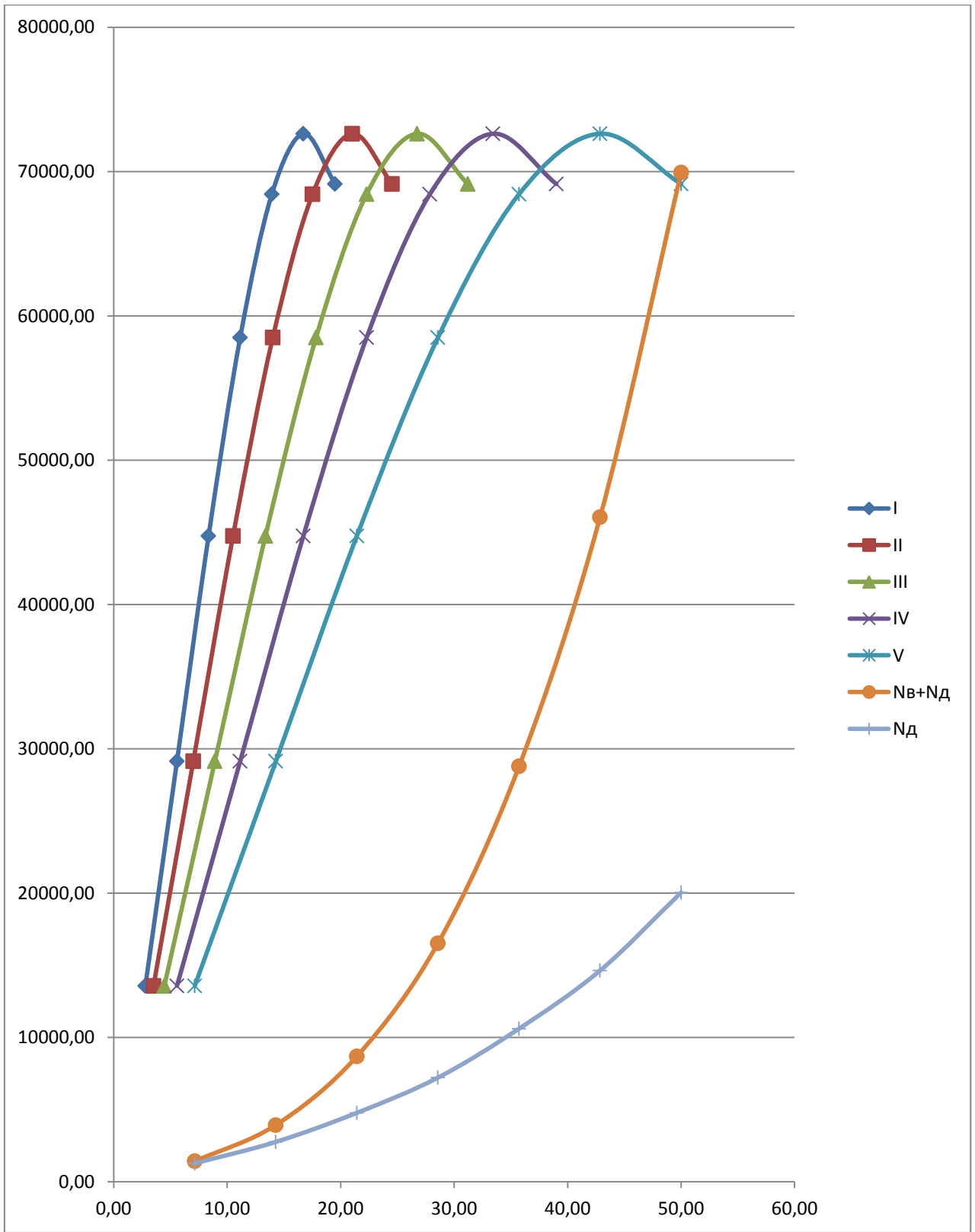


Рисунок А7 – Мощностной баланс

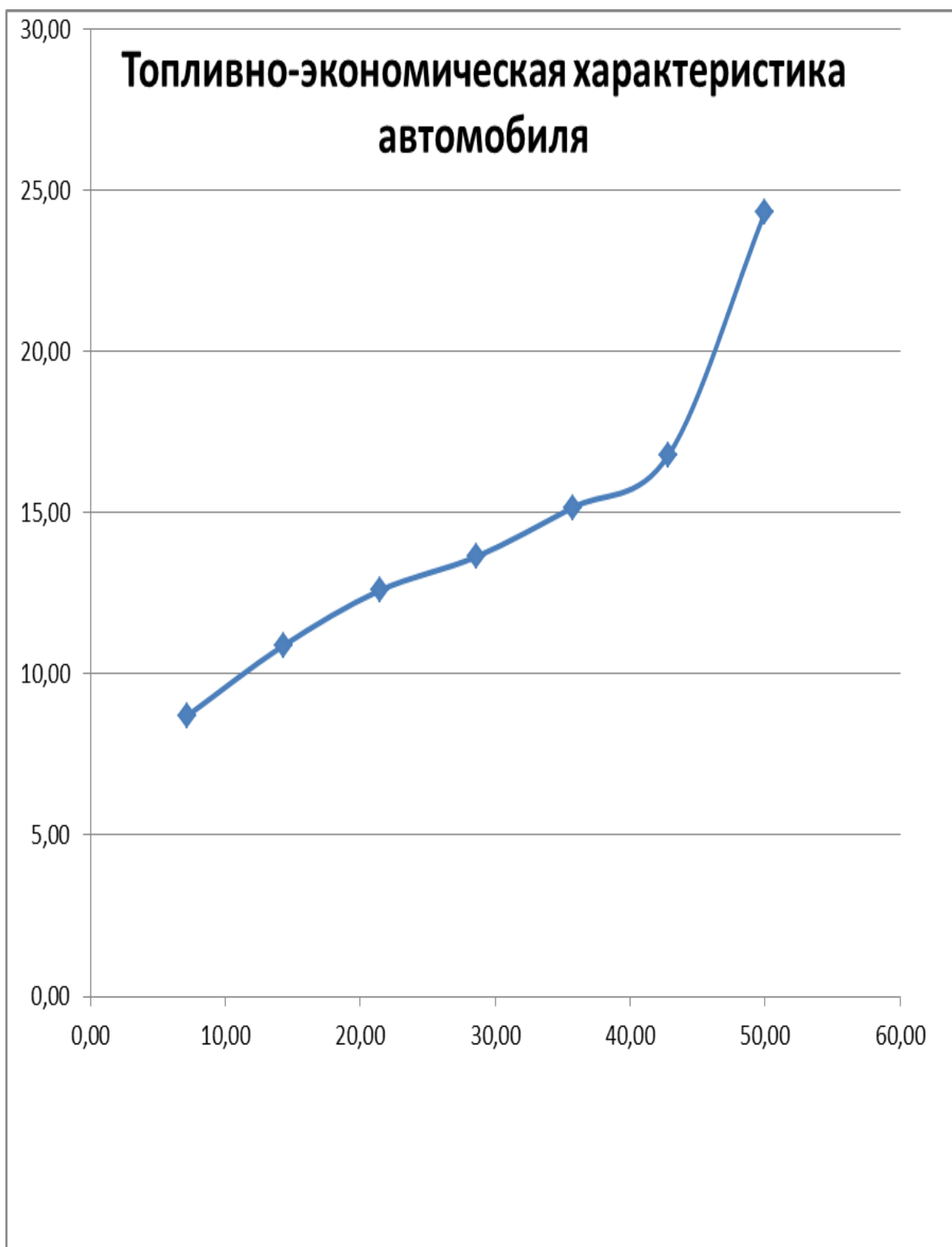


Рисунок А8 – Топливо-экономическая характеристика

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Пятна контакта шины при разных нагрузках и давлениях в ней

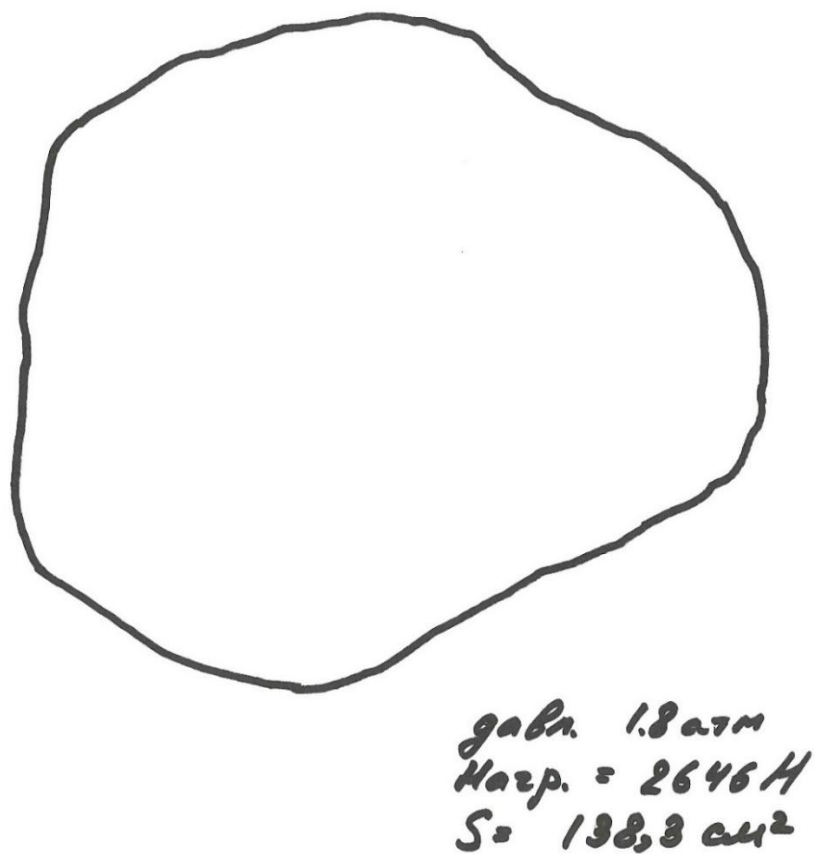
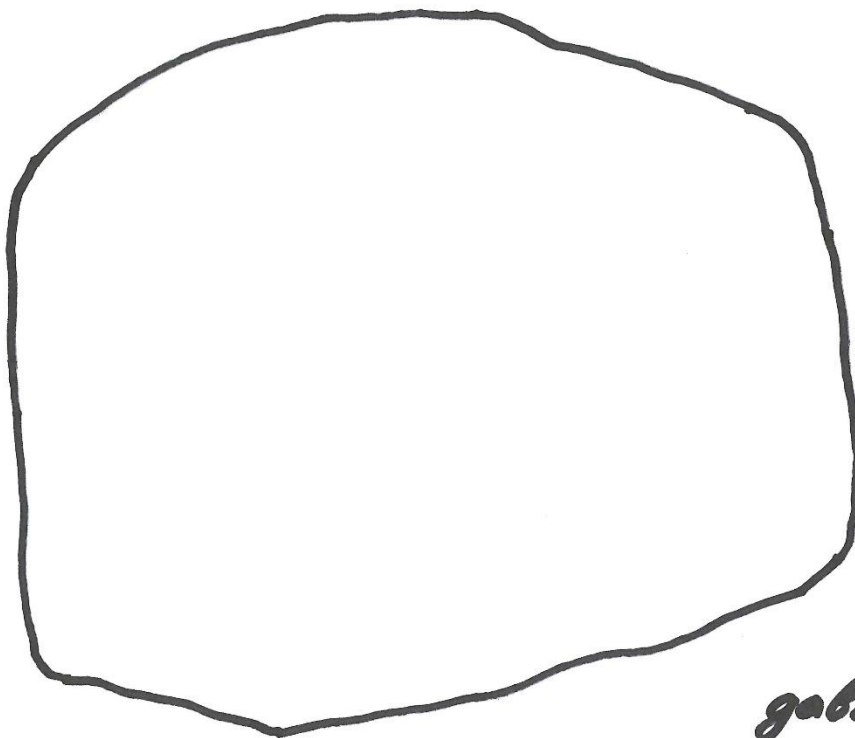
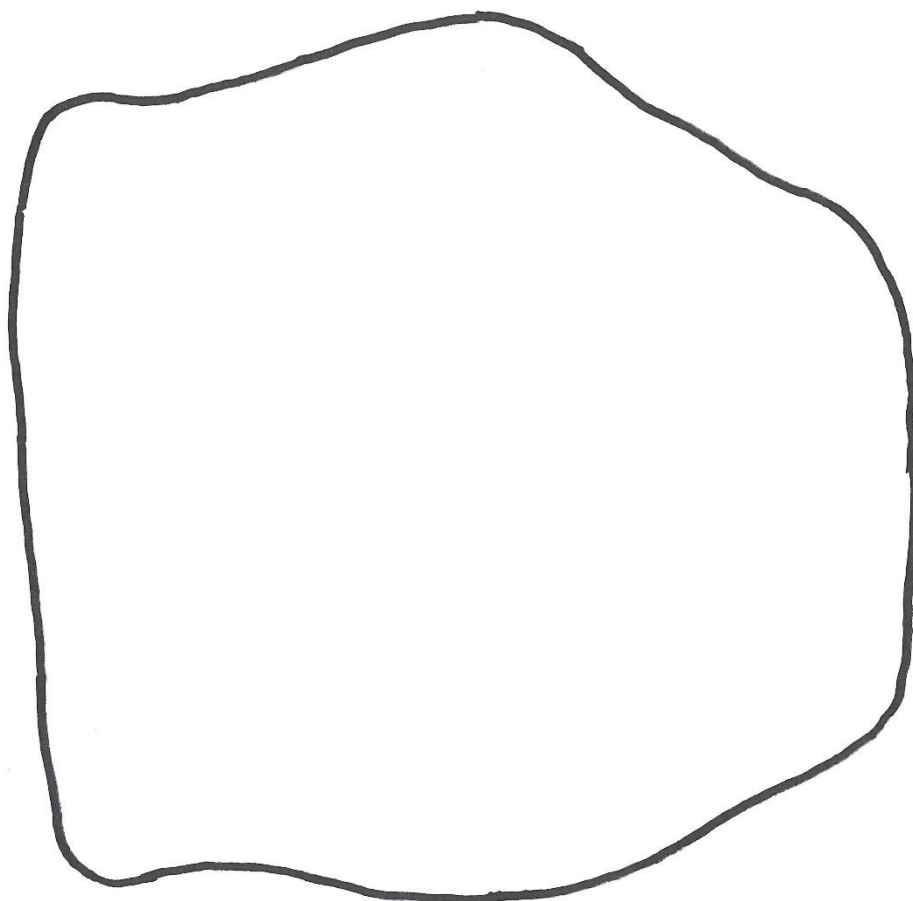


Рисунок Б1 – Отпечаток шины при нагрузке 2646 Н и давлении в 1.8 атмосфер



давл. 1.8
Нагр: 3009Н
S = 143,0 см²

Рисунок Б2 – Отпечаток шины при нагрузке 3009 Н и давлении в 1.8 атмосфер



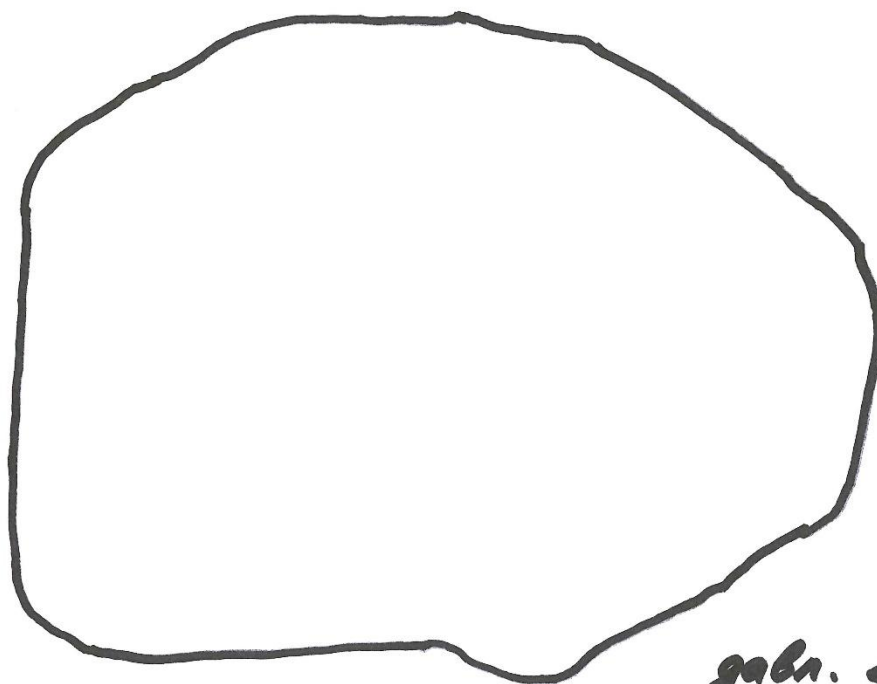
давл. 1.8 атм.
нагр. = 3685 Н
S = 180,7 см²

Рисунок Б3 – Отпечаток шины при нагрузке 3685 Н и давлении в 1.8 атмосфер



давл. 2,0 атм.
Нагр.: 2646 Н.
 $S = 116,4 \text{ см}^2$

Рисунок Б4 – Отпечаток шины при нагрузке 2646 Н и давлении в 2.0 атмосфер



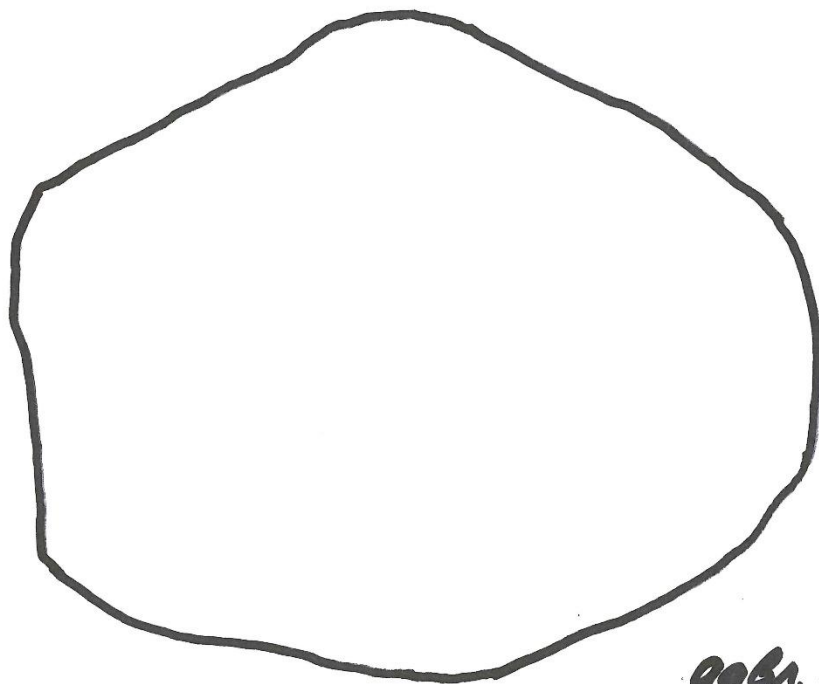
давл. 2.0 атм.
Нагр. = 3009 Н.
 $S = 132,0 \text{ см}^2$

Рисунок Б5 – Отпечаток шины при нагрузке 3009 Н и давлении в 2.0 атмосфер



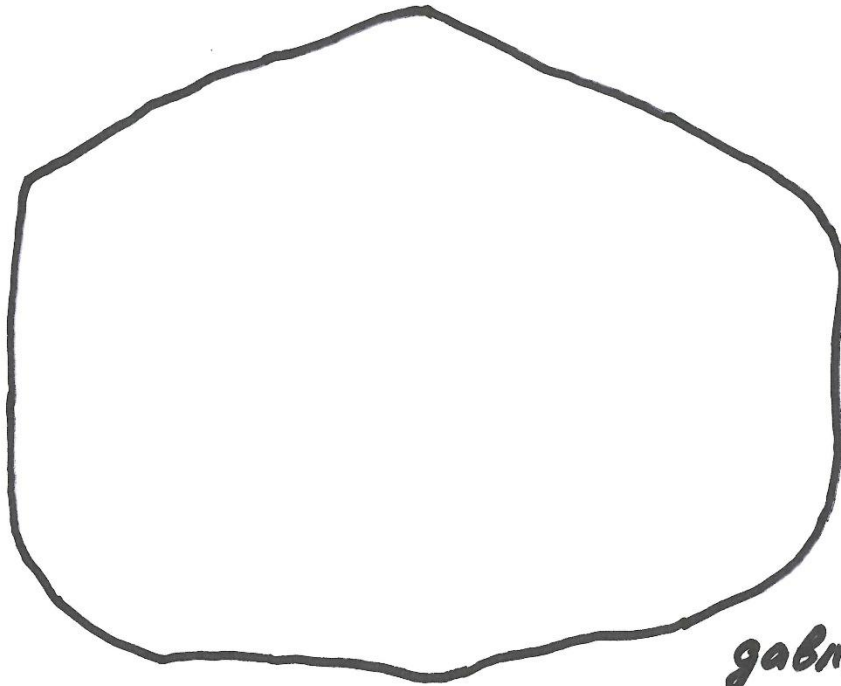
давл. 2.0 атм.
Нагр. = 3685 Н.
 $S = 156,1 \text{ см}^2$

Рисунок Б6 – Отпечаток шины при нагрузке 3685 Н и давлении в 2.0 атмосфер



давл. 2.2 атм.
Нагр. = 2646 Н
 $S = 112,2 \text{ см}^2$

Рисунок Б7 – Отпечаток шины при нагрузке 2646 Н и давлении в 2.2 атмосфер



давл. 2.2 атм
Нагр.: 3009Н.
 $S = 130,2 \text{ см}^2$

Рисунок Б8 – Отпечаток шины при нагрузке 3009 Н и давлении в 2.2 атмосфер



gab. 2.2 atm
Har. = 3685H
S = 138,4 a42

Рисунок Б9 – Отпечаток шины при нагрузке 3685 Н и давлении в 2.2 атмосфер