

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 поперечной плоскости

Студент

Петров М.С.

(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 _____ г.

Тольятти 2018

АННОТАЦИЯ

Дипломный проект на тему «Исследование влияния площади пятна контакта шины с опорной поверхностью на коэффициент сцепления в поперечной плоскости» разработан для исследования влияния площади пятна контакта шины с опорной поверхностью на коэффициент сцепления в поперечной плоскости. Создана программа работ для выполнения лабораторных и практик лицами, проходящими обучение на специальности «Автомобиле - и тракторостроение». Была произведена тарировка колеса. 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.

Пояснительная записка состоит из 117 листов напечатанного текста, включает в себя 21 лист приложения с графиками, а также 8 листов формата А1.

ABSTRACT

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 lateral plane». The purpose of the work is studying the impact of the contact area spot on the adhesion coefficient in the lateral plane.

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.

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 117 pages of printed text, and the graphic part on 21 sheets of the application with graphics, 8 of them are sheets of A1 and 2 sheets of A0 format.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 6 |
| 1 Состояние вопроса | 8 |
| 1.1 Определение сцепных свойств шин | 8 |
| 1.1.1 Определение коэффициента сцепления в продольном направлении с помощью буксирования автомобиля | 9 |
| 1.1.2 Определение коэффициента сцепления с помощью стенда | 10 |
| 1.2 Коэффициент сцепления | 12 |
| 1.3 Площадь пятна контакта | 18 |
| 1.4 Нагружение шины нормальной нагрузкой | 20 |
| 1.5 Нагружение шины боковой силой | 23 |
| 1.6 Боковое смещение и угол увода | 26 |
| 1.7 Боковая сила | 34 |
| 1.8 Характеристики шин, влияющие на управляемость автомобиля | 41 |
| 1.9 Выбор и обоснование темы работы | 42 |
| 2 Защита интеллектуальной собственности | 43 |
| 3 Конструкторская часть | 44 |
| 4 Исследовательская часть | 45 |
| 4.1 Тарировка оборудования | 45 |
| 1) Тарировочный коэффициент вертикальной нагрузки $K_{\text{верт}}=92,23$ | 46 |
| 4.2 Определение коэффициента сцепления в поперечном направлении | 47 |
| 4.3 Зависимость коэффициента сцепления от площади пятна контакта | 54 |
| 4.4 Сравнительный анализ полученных данных | 58 |
| 5 Экономическое обоснование эффективности дипломного проекта | 63 |
| 5.1 Определение суммарной деятельности НИР | 64 |
| 5.2 Расчёт сметы затрат на НИиОКР | 70 |
| 5.3 Экономическая эффективность НИиОКР | 75 |
| 6 Безопасность и экологичность объекта | 77 |
| 6.1 Конструктивно-технологическая характеристика исследования | 77 |
| 6.2 Идентификация профессиональных рисков | 79 |

| | |
|--|-----|
| 6.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков | 82 |
| 6.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта..... | 85 |
| 6.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта..... | 88 |
| 6.6 Вывод..... | 89 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 90 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ..... | 91 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А | 94 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Б..... | 102 |

ВВЕДЕНИЕ

Темой данной дипломной работы является «Исследование влияния площади пятна контакта шины с опорной поверхностью на коэффициент сцепления в поперечной плоскости». В данной работе были проведены опыты по определению коэффициента сцепления в поперечной плоскости и были найдены площади пятна контакта шины с опорной поверхностью при данных вертикальных нагрузках и давлениях шины.

Все опыты по определению коэффициента сцепления в поперечной плоскости и площади пятна контакта автомобильных шин проводились в лабораторных условиях, на стендах кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей», и соответствуют требованиям методики проведения испытаний шин и колёс.

Сила сцепления шины с опорной поверхностью оказывает большое влияние на движение, управляемость и устойчивость автомобиля, что непосредственно влияет на активную безопасность автомобиля. Всего четыре маленьких пятна контакта удерживают автомобиль на дороге, при этом величина и форма пятна контакта при движении не остаётся постоянной. Это обусловлено перераспределением массы автомобиля во время движения.

При движении окружающая обстановка на дороге постоянно изменяется, что требует большого внимания и готовности среагировать во избежание дорожно-транспортного происшествия. Автомобиль, обладающей хорошей управляемостью и устойчивостью, сохраняет направление, заданное водителем, а также быстро и легко, при необходимости, изменяет своё положение на дороге.

Чем совершеннее управляемость и устойчивость автомобиля, тем с большей скоростью он способен двигаться по дорогам. С увеличением средней скорости передвижения растёт производительность автомобиля. А хорошая управляемость и устойчивость, повышают безопасность

передвижения, что очень важно в виду роста скоростей движения современных автомобилей с увеличением их количества на дорогах.

Коэффициент сцепления в поперечной плоскости влияет на угол увода, который имеет фундаментальное значение в поведении автомобиля при осуществлении поворотов, а шина с правильно подобранным давлением, обеспечивающим надлежащую площадь пятна контакта, обеспечивает как низкое сопротивление качению и надёжное сцепление, так и безопасность передвижения.

Взаимодействие шины с твёрдой дорогой характеризуется трением контактирующих тел и складывается из деформационной и молекулярной составляющих. Первая обусловлена внедрением в тело протектора шероховатостей дороги, что препятствует скольжению шины по поверхности, вторая – межмолекулярным взаимодействием на границе соприкосновения шины с дорогой. Поэтому с увеличением площади пятна контакта растёт число микровыступов, охватываемых отпечатком шины, в виду этого с увеличением его площади возрастает коэффициент сцепления.

1 Состояние вопроса

1.1 Определение сцепных свойств шин

Прежде чем перейти к исследованию разберёмся как на практике определяется коэффициент сцепления шины с опорной поверхностью, какие существуют способы его определения.

Шины важный компонент автомобиля, они обеспечивают важные эксплуатационные свойства: тормозная и тяговая динамика, устойчивость и управляемость, проходимость, плавность хода, надёжность и топливная экономичность.

В дорожных и стендовых испытаниях определяют параметры шин, влияющие на эксплуатационные свойства – сопротивление и сцепные свойства на разных видах поверхности, демпфирующие и упругие свойства, а также способность сопротивляться аквапланированию и другие, шины испытываются на прочность и долговечность. Дорожные испытания проходят на дорогах и спецсооружениях автополигонов, а также на дорогах общего пользования.

Коэффициент сцепления шин с опорной поверхностью определяют в двух направлениях: продольном и поперечном.

Способы определения коэффициента сцепления в продольном направлении:

- с помощью замера силы сцепления автомобильных шин с поверхностью при буксировке со всеми заблокированными колёсами;
- с помощью стенда.

Коэффициент сцепления автомобильной шины с опорной поверхностью в поперечном направлении определяется на стенде.

1.1.1 Определение коэффициента сцепления в продольном направлении с помощью буксирования автомобиля

Для исследования необходимо выбрать ровный горизонтальный участок дороги с поверхностью, для которой необходимо определить коэффициент сцепления.

Перед исследованием автомобиль с шинами, которые будут испытываться, должен пройти обкатку, а также прогревочный пробег в день исследования. Температура окружающей среды, скорость ветра и состояние дороги должны соответствовать программе исследования.

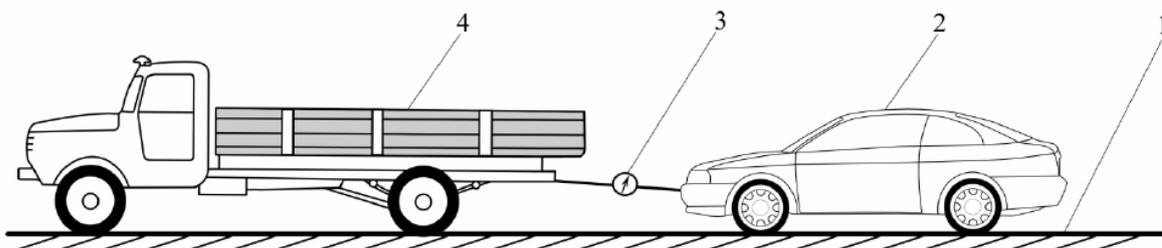
Предварительно определяется вес автомобиля, а также к автомобилю крепится динамометр для определения силы сцепления колёс автомобиля с опорной поверхностью P_{φ} . Далее автомобиль с заблокированными, с помощью тормозной системы, колёсами буксируется тягачом в соответствии с рисунком 1.1.

Снятие показаний динамометра проводится трижды при буксировании автомобиля в одну и другую противоположную сторону на выбранном участке дороги. Для определения коэффициента сцепления, рассчитывается среднее значение силы сцепления, а затем по формуле находится сам коэффициент сцепления колеса с дорогой.

$$\varphi = \frac{P_{\varphi}}{G_a}, \quad (1.1)$$

где P_{φ} – среднее значение силы сцепления шин с дорогой, Н;

G_a – вес автомобиля, Н.



1 – опорная поверхность; 2 – испытуемый автомобиль; 3 – динамометр;
4 – тягач

Рисунок 1.1 – Измерение силы сцепления автомобильных шин с дорогой

Н.С. Соломатин пишет: «При проведении испытаний на опорной поверхности с низкой несущей способностью песок, снег, пашня, размокший грунт и т. д. автомобиль-тягач нужно подбирать таким образом, чтобы шины испытуемого автомобиля не попадали в колею тягача. Каждый заезд выполняется на свежем участке опорной поверхности» [1].

1.1.2 Определение коэффициента сцепления с помощью стенда

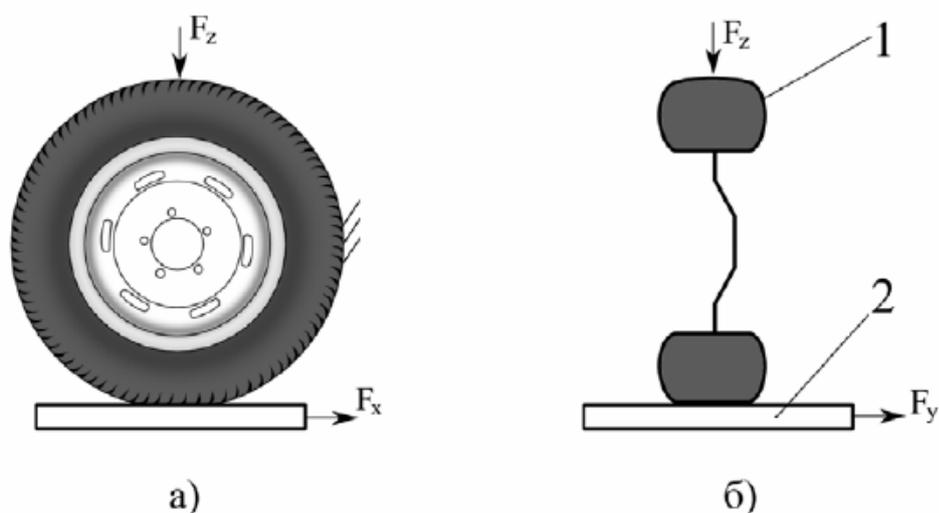
Коэффициент сцепления, определённый на стенде, справедлив только для того покрытия, которое составляет опорная поверхность.

На рисунке 2 представлена принципиальная схема стенда.

Автомобильная шина в сборе с колесом прижимается к опорной поверхности с силой F_z , которая определяется из развесовки автомобиля, если иное не задано программой исследования. Колесо блокируется во избежание прокручивания. Для определения коэффициента сцепления в продольном направлении к опорной плите прикладывается сила в соответствующем направлении и, в момент начала проскальзывания, замеряется максимальная сила F_x в соответствии с рисунком 1.2а.

Для измерения коэффициента сцепления в поперечной плоскости, к автомобильной шине в сборе с колесом прикладывается вертикальная нагрузка F_z , соответствующая развесовке автомобиля или программе

исследования. К опорной плите стенда, в поперечной плоскости, прикладывается сила F_y и, в момент начала проскальзывания шины по опорной поверхности, замеряется величина силы F_y в соответствии с рисунком 1.2б.



1 – исследуемая шина; 2 – опорная поверхность

Рисунок 1.2 – Принципиальная схема стенда для определения коэффициента сцепления автомобильной шины

Коэффициенты сцепления шины с опорной поверхностью при малой скорости скольжения определяются по формулам:

1) в продольном направлении

$$\varphi_x = \frac{F_x}{F_z} \quad (1.2)$$

2) в поперечном направлении

$$\varphi_y = \frac{F_y}{F_z} \quad (1.3)$$

Покрывтия опорной поверхности могут быть разными: грунт, асфальт, бетон и так далее.

1.2 Коэффициент сцепления

После того, как мы узнали способы определения коэффициента сцепления, возникает вопрос – что же такое коэффициент сцепления и от чего он может зависеть?

Возможность автомобильных колёс, при нормальной нагрузке, передавать и воспринимать касательные силы при движении по дороге, является очень важным качеством, позволяющим автомобилю передвигаться. Надёжное сцепление колеса с дорогой повышает безопасность движения. Данное качество оценивают коэффициентом сцепления φ – отношением максимальной касательной реакции в пятне контакта T_{max} к нормальной нагрузке G_k или реакции, действующей на колесо:

$$\varphi = \frac{T_{max}}{G_k} \quad (1.4)$$

Различают два вида коэффициента сцепления при качении колеса в плоскости вращения: без буксования или скольжения; при буксовании или юзе, а также коэффициент сцепления в поперечной плоскости при боковом скольжении колеса.

Коэффициент сцепления при отсутствии буксования или скольжения можно считать коэффициентом сцепления покоя. Когда буксование и скольжение равны оптимальным значениям коэффициент сцепления становится равен коэффициенту трения покоя. Однако, в этом случае присутствует проскальзывание элементов протектора вблизи контурной линии пятна контакта.

Коэффициент сцепления покоя несколько больше, чем коэффициент сцепления при скольжении и юзе. У стандартных шин коэффициент сцепления при буксовании на 20...25% меньше, чем при покое.

Взаимодействие шины с твёрдой дорогой характеризуется трением контактирующих тел и складывается из деформационной и молекулярной составляющих. Первая обусловлена внедрением в тело протектора шероховатостей дороги, что препятствует скольжению шины по поверхности, вторая – межмолекулярным взаимодействием на границе соприкосновения шины с дорогой.

По-другому эти составляющие можно назвать: гистерезис и адгезия. Адгезия появляется в результате межмолекулярного скрепления между резиной покрышки и поверхностью асфальта. Это больше относится к сухой поверхности асфальта, но адгезия значительно снижается в условиях мокрого асфальта. Следовательно, во время дождя снижается коэффициент сцепления с дорогой.

Чтобы объяснить, как гистерезис влияет на сцепление между шиной и дорогой, уточним, что такое гистерезис. По отношению к покрышкам, гистерезис – это свойство резины возвращаться в естественное состояние после деформации, но с задержкой. Например, если вы нажмете ногтем на протектор шины с низким гистерезисом, резина быстро вернется в свое естественное состояние. Сделайте то же самое с шиной с высоким гистерезисом, и вмятинка останется там на несколько секунд, возвращаясь гораздо медленнее.

Но как гистерезис создает сцепление? Когда шина деформируется, она приобретает потенциальную энергию, которая высвобождается при возвращении в нейтральное состояние. При гистерезисе, энергия теряется, преобразовываясь в тепло, следовательно, когда напряжение снимается, возникает сила сопротивления между протектором и дорогой. Но точный механизм того, как возникает эта сила, не полностью понятен.

Рассмотрим рисунок 1.3, где присутствует некоторое скольжение между резиной и неровной поверхностью. Если шина восстанавливает своё прежнее положение медленно, проходя через неровности, как в резине с высоким гистерезисом, то она не может давить на нижнюю часть

поверхности неровностей, так как она давит на поверхность в верхней части неровностей. Эта разница давления между верхними и нижними краями неровностей приводит к силам трения даже когда поверхности смазаны. Механизм, о котором идет речь, показан на рисунке 1.3, первоначально взятом из книги Хэйни [2].



Рисунок 1.3 – Гистерезис при скольжении шины

С увеличением площади пятна контакта растёт число микровыступов, охватываемых отпечатком шины, в виду этого с увеличением его площади возрастает коэффициент сцепления.

Большое влияние на коэффициент сцепления оказывают: состояние опорной поверхности, состояние и конструкция шин, скорость движения, вертикальная нагрузка на колесо, давление воздуха в шине, температура контакта.

Максимальные значения коэффициента сцепления характерны для сухих дорог с твёрдым цементно- и асфальтобетонным покрытиями. Сцепные

качества покрытия по мере его изнашивания ухудшаются. Наименьшие значения коэффициента сцепления соответствуют для обледенелых, заснеженных и мокрых покрытиях, исключение составляет мокрый песок, который уплотняется и передаёт большие касательные силы.

Конструктивными особенностями, влияющими на коэффициент сцепления, являются размеры колеса и рисунок протектора. К небольшому увеличению коэффициента сцепления на сухих твёрдых покрытиях приводит увеличение диаметра и ширины беговой дорожки в виду увеличения площади пятна контакта.

Большое влияние на коэффициент сцепления оказывает рисунок протектора. Минимальное сцепление на мокрых, заснеженных и обледенелых асфальтовых покрытиях имеют шины с гладким протектором. Мелкий расчленённый протектор в форме продольных рёбер и шашек обеспечивает наибольший коэффициент трения на дорогах с твёрдым сухим покрытием. На твёрдой мокрой дороге коэффициент сцепления тем выше, чем лучше способность шины удалять грязь и влагу из области пятна контакта шины. Этому способствует рисунок с продольными рёбрами, расчленённый надрезами под углом сорок пять градусов. На скользких покрытиях в 1,5...2 раза коэффициент сцепления повышает установка шипов противоскольжения, а также изготовление протектора из резины специального состава. Шины с высокими грунтозацепами необходимы на автомобилях, работающих на деформирующихся покрытиях, они характеризуются сильной расчленённостью протектора и рисунком в виде косой ёлки, также протектор должен обеспечивать самоочищение от влажного грунта и снега.

Скорость движения автомобиля значительно влияет на величину коэффициента сцепления. На дорогах с твёрдым сухим покрытием при росте скорости коэффициент сцепления уменьшается, так как при движении с большей скоростью резина деформируется и не успевает принимать первоначальное положение, в результате чего протектор не полностью

внедряется в микронеровности, что несколько снижает коэффициент сцепления.

На дорогах с асфальтовым покрытием существенное влияние на коэффициент сцепления оказывает температура шины. При росте температуры шины, коэффициент сцепления увеличивается, в виду того, что резина становится более мягкой и лучше охватывает неровности дороги.

Также на шину влияют давление воздуха в ней и нормальная нагрузка на колесо. При увеличении давления воздуха в шине на сухом чистом опорном покрытии, коэффициент сцепления уменьшается, потому что площадь пятна контакта соответственно уменьшается. Однако, более интенсивное выдавливание грязи и влаги на мокрых покрытиях в области пятна контакта происходит при увеличении давления в шине, в результате чего происходит увеличение коэффициента сцепления.

В.Н. Кравец пишет: «С увеличением нормальной нагрузки на колесо на твёрдых сухих покрытиях происходит снижение коэффициента сцепления, так как коэффициент трения резины уменьшается с ростом давления. На обледенелой и заснеженной дорогах относительное изменение коэффициента сцепления при увеличении нагрузки больше, чем на дорогах с асфальтобетонным покрытием. На мокрых и грязных дорогах возрастание нормальной нагрузки обеспечивает увеличение коэффициента сцепления» [3].

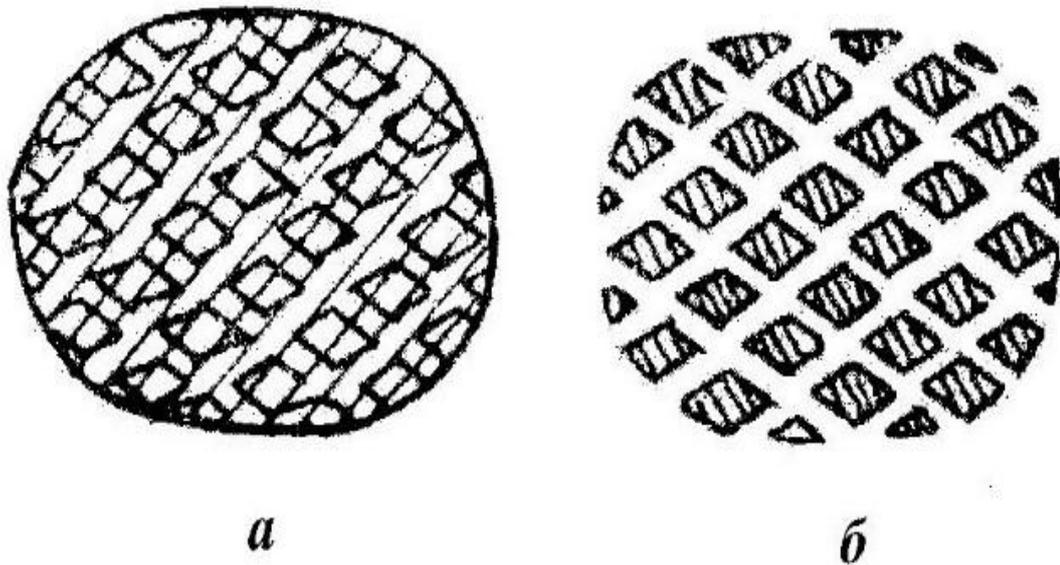
В таблице 1.1 показаны средние коэффициенты сцепления продольного направления для типичных дорожных условий при номинальной вертикальной нагрузке и давлении воздуха, малой скорости движения на режиме полного скольжения колеса. Меньшие показатели относятся к шинам высокого, а большие – к шинам низкого давления.

Таблица 1.1 – Коэффициенты сцепления

| Опорная поверхность | | Коэффициент продольного сцепления |
|---------------------|--------------------|--------------------------------------|
| тип | состояние | |
| асфальтобетон | сухой | 0,7...0,8 |
| | мокрый | 0,45...0,55 |
| щебёнчатое покрытие | сухой | 0,5...0,7 |
| | мокрый | 0,3...0,5 |
| гравий | сухой | 0,5...0,6 |
| булыжник | сухой | 0,4...0,55 |
| грунтовая дорога | сухая | 0,4...0,6 |
| | мокрая | 0,3...0,45 |
| | в период распутицы | 0,15...0,25 |
| песок | сухой | 0,2...0,4 |
| | мокрый | 0,35...0,5 |
| снег | укатанный | 0,15...0,25 |
| | сыпучий | 0,1...0,2 |
| гладкий лёд | | 0,07...0,2 |

1.3 Площадь пятна контакта

Пятно контакта – это отпечаток колеса на опорной поверхности. Форма пятна контакта в неподвижном состоянии выглядит в форме прямоугольника или эллипсиса. Однако, при движении автомобиля пятно контакта изменяется – от прямоугольника до треугольника. Площадь пятна контакта при движении может быть даже больше площади пятна контакта при статической нагрузке. Вертикальная нагрузка зависит от переноса центра масс автомобиля, например, при разгоне и торможении, а также от прижимающего воздействия аэродинамики. Высокая вертикальная нагрузка и большая площадь пятна контакта обеспечивают наибольшее сцепление автомобиля с дорожным покрытием, из чего следует, что в свою очередь создаёт давление колеса на дорогу. Давление колеса на опорную поверхность равно отношению нормальной реакции R_z к площади пятна контакта A . Различают контурную площадь A_k и площадь контакта по выступам рисунка протектора $A_{пр}$ в соответствии с рисунком 1.4.



а- контурная; б – по выступам рисунка протектора
 Рисунок 1.4 – Площадь пятна контакта с опорной поверхностью

Среднее давление колеса в пятне контакта равно:

$$p_k = R_z / A_k \quad (1.5)$$

Среднее давление колеса по выступам рисунка протектора равно:

$$p_{пр} = R_z / A_{пр} \quad (1.6)$$

Коэффициент насыщенности протектора рассчитывается по следующей формуле:

$$K_H = A_{пр} / A_k \quad (1.7)$$

В.Н. Кравец пишет «Средние давления p_k и $p_{пр}$ оказывают влияние на проходимость автомобиля, прежде всего при движении по деформируемым поверхностям. С уменьшением давления становится меньше глубина колеи и, соответственно, сопротивление движению» [4].

Во избежание быстрого и сильного износа дороги ограничивают верхний предел давления. По отечественным нормам $p_k \leq 0,6$ МПа и $p_{пр} \leq 0,85$ МПа. Данные значения, прежде всего, обеспечивают подбором давления воздуха p_B , так как существует соотношение

$$p_k = k_k * p_B , \quad (1.8)$$

где k_k – коэффициент, учитывающий жёсткость покрышки, равный 1,1...1,2.

Из выше сказанного можно сделать вывод, что площадь пятна контакта влияет на давление шины на дорогу, изменение площади пятна контакта может приводить к увеличению или снижению давления, что в свою очередь будет влиять на изменение коэффициента сцепления и коэффициента трения. Также необходимо заметить, что с увеличением площади пятна контакта растёт число микровыступов, охватываемых отпечатком шины, в виду этого с увеличением его площади возрастает коэффициент сцепления.

1.4 Нагружение шины нормальной нагрузкой

Пятно контакта — это то, что соприкасается с дорогой и является точкой опоры автомобиля, которая воспринимает на себя все возникающие нагрузки. Шина, будучи накачана воздухом, способна воспринимать большие нагрузки в виду своей эластичности и упругости.

Значения вертикальных нагрузок на колёсах передней и задней осей зависят от расположения центра масс относительно осей, веса автомобиля, а также от воздействия аэродинамических подъёмных сил.

В.И. Кнороз пишет: «Под действием приложенной к колесу нормальной нагрузки шина деформируется, площадь её контакта с опорной поверхностью увеличивается до тех пор, пока не наступит равновесие между нормальной реакцией дороги и нагрузкой. Это происходит почти при неизменном внутреннем давлении воздуха в шине. Объём воздуха, вытесненный при деформации шины, по сравнению с объёмом воздуха в камере очень мал, поэтому увеличение давления в шине вследствие нагрузки также мало и составляет 1 – 2% нормального. Но несмотря на незначительное

повышение внутреннего давления воздуха в шине работа сжатия воздуха при деформации шины довольно значительна» [5].

Распределение веса автомобиля по осям можно рассчитать по формулам.

- для передней оси:

$$R_{zNF}=mg*b/L, \quad (1.9)$$

- для задней оси:

$$R_{zNR}=mg*a/L \quad (1.10)$$

где a – расстояние от центра масс до передней оси;

b – расстояние от центра масс до задней оси;

L – колёсная база автомобиля в метрах равная сумме a и b .

Итак, шина под действием вертикальной нагрузки F_z деформируется. У шины, в статическом состоянии, давление по площади пятна контакта распределяется неравномерно и примерно равно нормальной деформации шины. Эпюра распределения давления показана на рисунке 1.5. Распределение давлений в набегающей 1 – 2 и сбегающей 2 – 3 частях одинаково, поэтому равнодействующая давлений по контактной поверхности, равная реакции R_z , приложена в точке 2 – середине контактной линии.

При движении колеса, каждый элемент шины испытывает цикл нагрузки и разгрузки за один оборот. В набегающей части происходит сжатие, а в сбегающей восстановление прежней формы элемента шины. В каждой точке пятна контакта действует нормальная реакция ΔR_z . Зависимость ΔR_z от нормальной деформации h_z показана на рисунке. Как мы можем видеть из рисунка, линия нагрузки 1 – 2 проходит выше линии разгрузки 2 – 3, что характеризуется гистерезисными потерями шины. Заштрихованная часть образует петлю гистерезиса, которая показывает потери энергии при деформации шины за один оборот. Эта энергия идёт на

нагрев покрышки. При длительном движении температура шины может достигать 100...120 градусов.

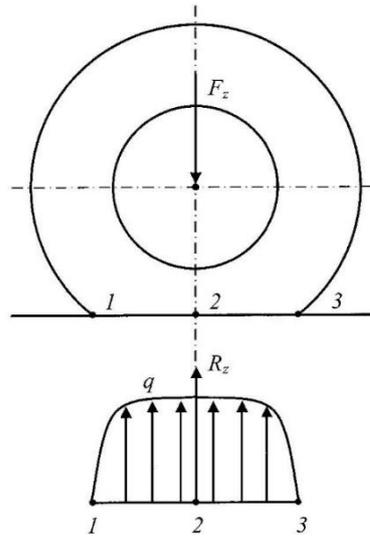
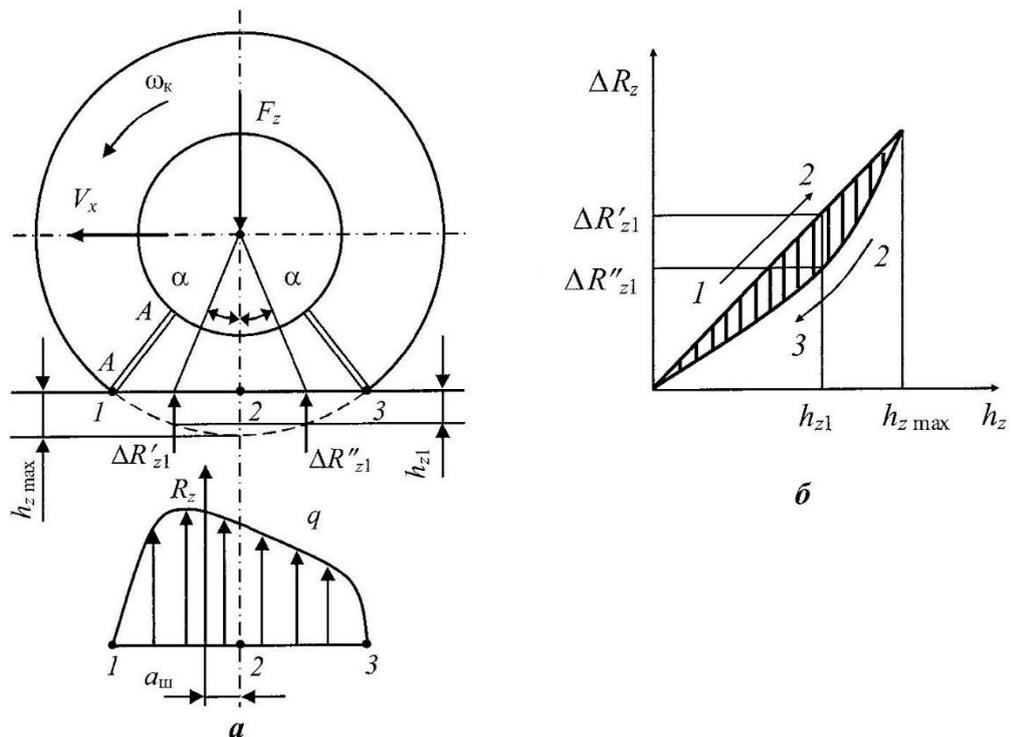


Рисунок 1.5 – Эпюры давлений в пятне контакта шины неподвижного колеса с опорной поверхностью

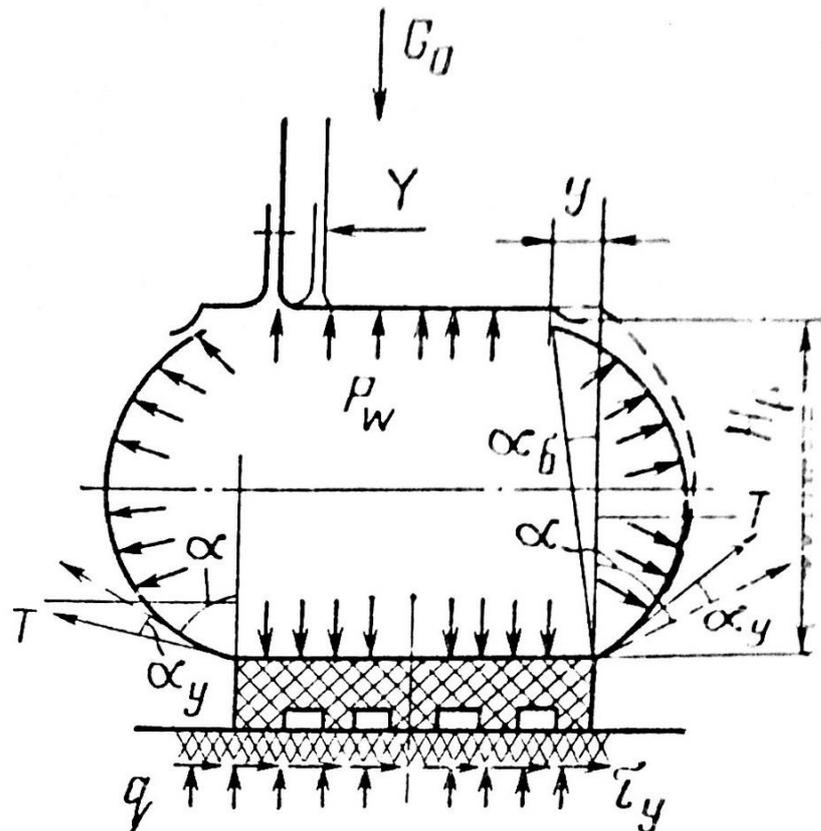


а – эпюра давлений в контакте; б – упругая характеристика шины
Рисунок 1.6 – Взаимодействие катящегося колеса с опорной поверхностью

1.5 Нагружение шины боковой силой

Когда автомобиль движется в реальных условиях на него почти постоянно действует боковая сила: сила ветра, составляющая силы тяжести при движении на косогоре, силы, появляющаяся из-за наезда на неровность, центробежная сила при повороте, инерционные силы, силы, возникающие в результате разности продольных реакций на колёса правого и левого бортов автомобиля, приводящие к появлению поворачивающего момента.

На работу шины, управляемость и устойчивость автомобиля большое влияние оказывает податливость шины в боковом направлении. Боковое деформирование шины представляет собой довольно сложный процесс, представленный на рисунке 1.7.



T – сила натяжения нити корда; α_6 – угол смещения обода; y – боковое смещение обода

Рисунок 1.7 – Поперечное сечение шины при наличии нормальной и боковой силы

При воздействии боковой силы F_y поперечный профиль шины перекашивается и становится несимметричным относительно вертикальной плоскости, проходящей через центр пятна контакта и перпендикулярной оси колеса. Проекция натяжения в нитях левой и правой стенок шины на горизонтальную плоскость в результате такого перекаса становятся неравными друг другу. Поэтому, боковая сила уравнивается разностью проекций натяжений T на горизонтальную ось, то есть.

$$F_y = T \sin(\alpha + \alpha_y) - T \sin(\alpha - \alpha_y) \quad (1.11)$$

учитывая, что

$$\alpha_y = y/H \quad (1.12)$$

где H – высота профиля, а

$$T = p_w r \quad (1.13)$$

где p_w – давление воздуха в шине,

r – радиус колеса.

получим,

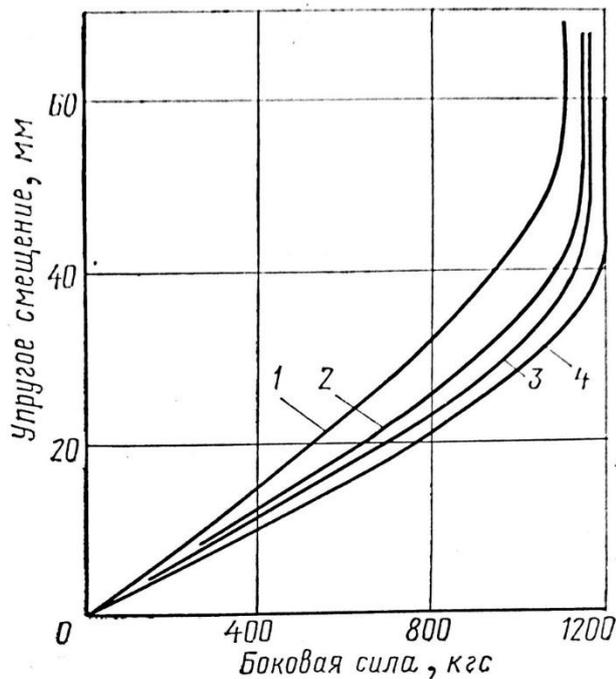
$$F_y = 2p_w \frac{y}{H} r \cos \alpha \quad (1.14)$$

В.И. Кнороз пишет: «Хотя в данное выражение давления воздуха p_w входит в явном виде, однако, его влияние на боковую жёсткость шины сказывается в меньшей степени, чем на нормальную жёсткость. Это связано с тем, что при увеличении p_w уменьшается длина контакта шины, а следовательно, и пределы интегрирования при расчёте суммарной величины боковой нагрузки, действующей на колесо...» [6].

Опыты показали, что с ростом давления воздуха шины, боковая жёсткость может даже уменьшиться, то есть уменьшение длины контакта сказывается в большей степени, чем натяжение нитей каркаса.

Боковая жёсткость шины определяется зависимостью бокового смещения колеса от боковой силы, в соответствии с рисунком 1.8.

Боковая жёсткость шины представляет собой тангенс угла наклона кривой, то есть производную зависимости боковой нагрузки от бокового смещения. Эта зависимость линейна до момента проскальзывания. Таким образом боковая жёсткость колеса является постоянной величиной, практически независимая от бокового смещения.



- 1 - $p_w = 3,5$ кгс/см²; 2 - $p_w = 4,5$ кгс/см²;
 3 - $p_w = 5,0$ кгс/см²; 4 - $p_w = 6,0$ кгс/см²;

Рисунок 1.8 – Зависимость бокового упругого смещения колеса от боковой силы при нагрузке 2300 кгс и различных значениях давления воздуха

1.6 Боковое смещение и угол увода

Когда водитель поворачивает рулевое колесо, автомобиль начинает поворачивать. Вскоре после этого инерция автомобиля генерирует центробежную силу или инерционную силу, которая выталкивает автомобиль из поворота. Эта сила (которая является косвенной силой, поскольку она возникает только из-за инерционных эффектов) также передается на шины, вызывая на них боковое отклонение. На рисунке 1.9 показано, как будет выглядеть покрышка после деформации. Слева показана шина в условиях прямолинейного движения при нулевом скольжении, а

справа шина, деформированная после бокового отклонения, вызванного инерционными силами.

Боковое отклонение происходит по двум причинам: во-первых, шина эластична в повороте, то есть та часть шины, которая находится в контакте с дорогой (пятно контакта), не будет вращаться так же сильно, как остальная часть шины (под вращением понимается поворот колес, вокруг вертикальной оси). Поскольку шина эластична, точки в пятне контакта также будут иметь боковое отклонение.

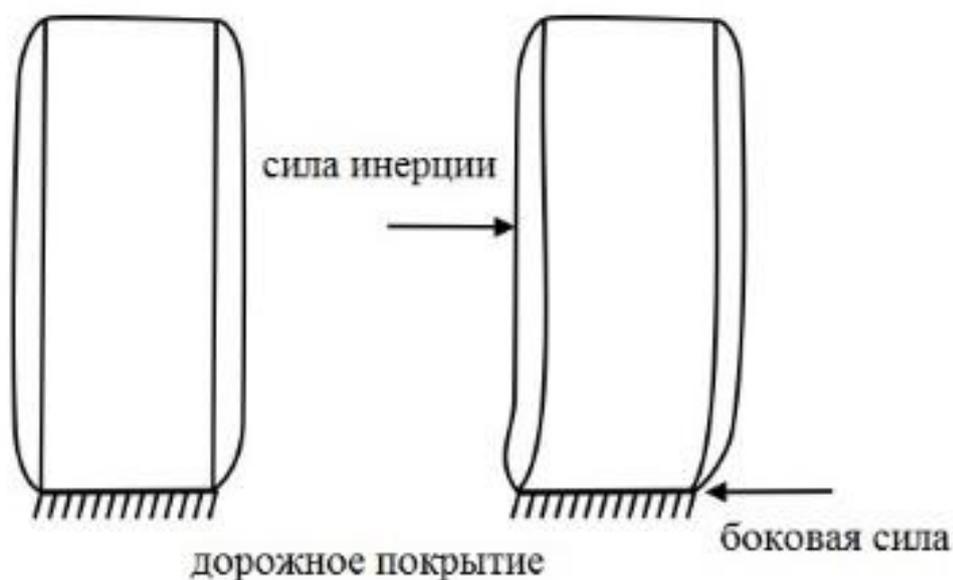


Рисунок 1.9 – Деформация шины при повороте

Как только покрывка скручивается, частицы, которые находятся в пятне контакта, постоянно будут пытаться вернуть свою первоначальную форму, они будут испытывать боковое отклонение проходя через передний край пятна контакта, центр и задний край пятна контакта. С другой стороны, частицы скреплены одна с другой, и из-за этого, деформация начинается прежде чем частица достигает передний край пятна контакта, и кончается после того как резина выходит из пятна контакта. На рисунке 1.10 показана деформация, происходящая до, во время и после прикосновения частиц к дороге, взятого из книги Кларка [7].

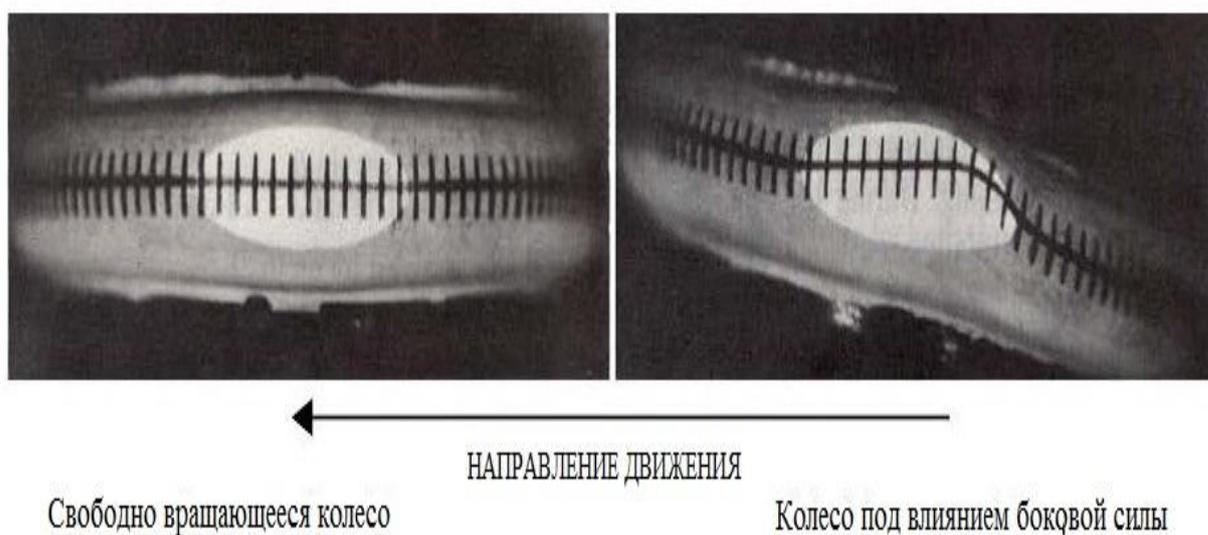


Рисунок 1.10 – Боковая деформация в пятне контакта

Вторая причина, по которой происходит боковая деформация, состоит в том, что сцепление между шиной и дорогой препятствует боковому скольжению шины, при воздействии инерционной силы, выталкивающей шину наружу поворота. Это сочетание эффектов заставляет шины двигаться в другом направлении, противоположном тому, куда они направлены. Например, если вы идёте прямо, но с каждым шагом вы перемещаете ноги на несколько сантиметров в сторону, путь, который сделают ваши ноги, будет под углом к направлению, в котором вы движетесь. То же самое происходит с частицами в пятне контакта шины.

Когда боковая сила действует на жёсткое в боковом отношении колесо то траектория движения колеса будет проходить в его продольной плоскости до тех пор, пока боковая сила не превысит силу сцепления с дорогой. После происходит скольжение колеса, называемое боковым заносом.

Когда же боковая сила действует при качении эластичного колеса, происходит иной процесс. Деформация шины заставляет колесо катиться под углом к продольному вектору скорости и такое явление называют боковым уводом, а тот угол, под которым катится колесо, называют углом бокового увода, и это имеет фундаментальное значение для знания того, как ведёт себя

автомобиль во время поворота. Важно отметить, что между шиной и дорогой не происходит скольжение.

Если боковая сила отсутствует при качении колеса, то точки, лежащие на средней линии колеса, будут ложиться на дорогу в плоскости вращения и боковой увод будет отсутствовать, как показано на рисунке 1.11.

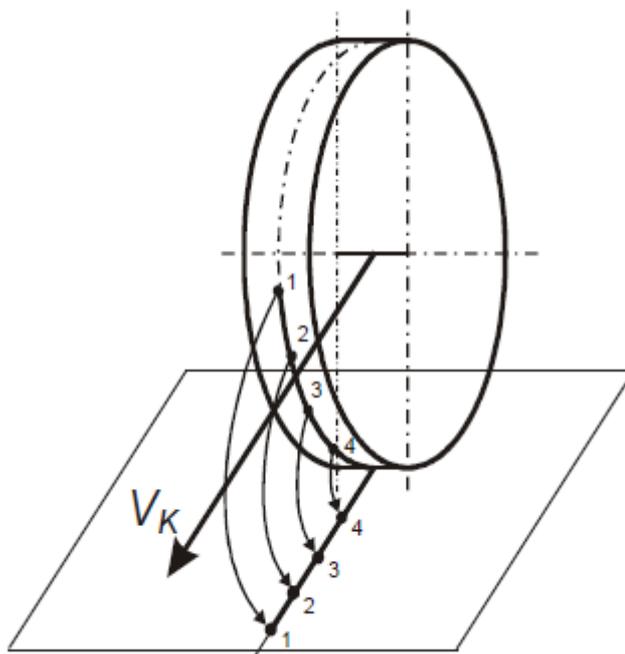


Рисунок 1.11 – Схема качения колеса при отсутствии боковой силы

Под действием боковой силы средняя линия деформируется, в следствии того что центр колеса отклоняется в сторону действия поперечной силы. Теперь при качении колеса, точки, лежащие на средней линии, будут ложиться на поверхность дороги под углом к плоскости вращения колеса, как показано на рисунке 1.12. При малых углах увода, скольжение в пятне контакта практически отсутствует, поэтому пятно контакта, не меняя формы разворачивается на величину угла увода. Угол увода зависит от боковой жёсткости колеса и пути релаксации l_p .

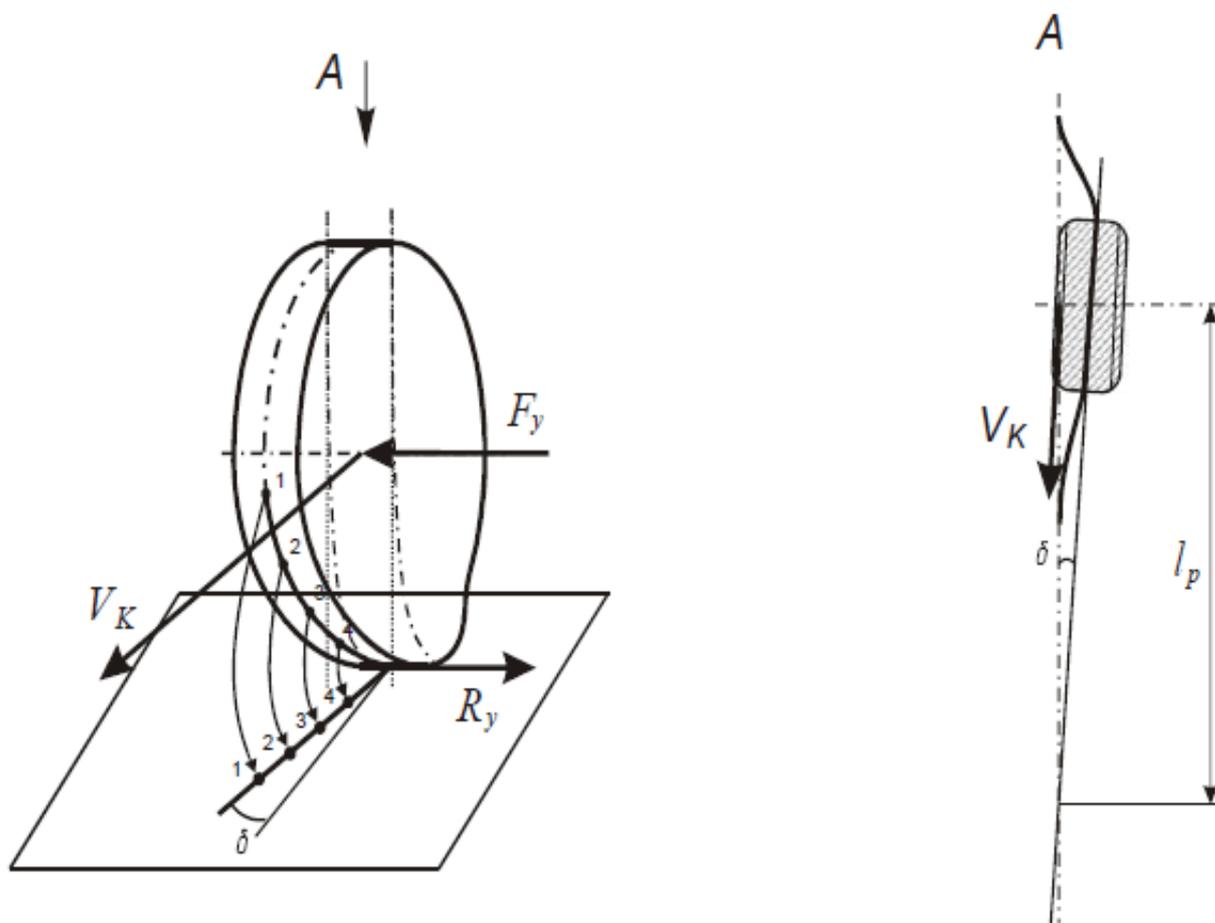


Рисунок 1.12 – Схема качения колеса под действием боковой силы

Поскольку деформация шины в передней части пятна контакта больше, чем в задней, равнодействующая боковой реакции колеса смещена назад, на величину плеча сноса l_{δ} , как показано на рисунке 1.13.

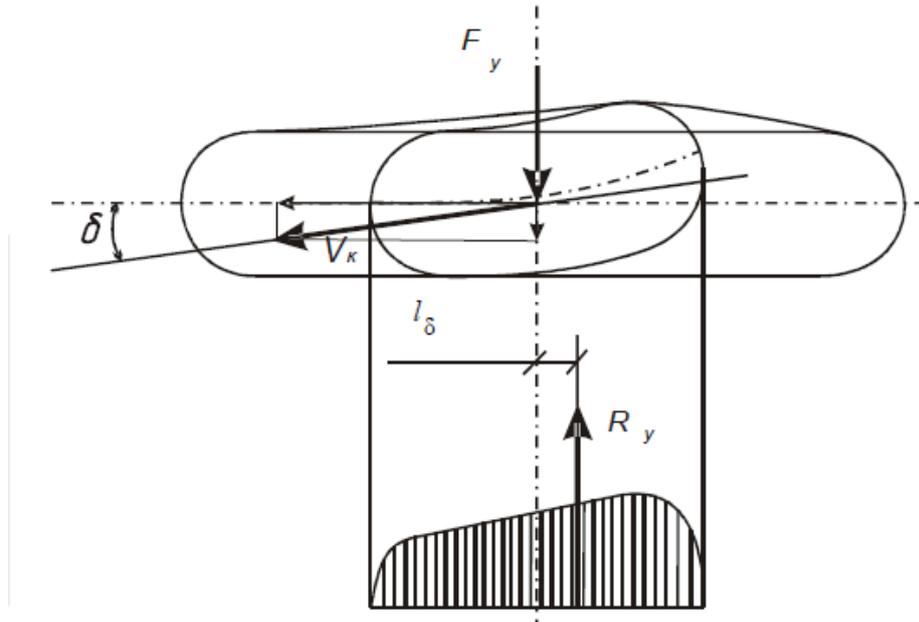


Рисунок 1.13 – Схема качения колеса с уводом (вид сверху)

Зависимость угла увода от боковой силы имеет нелинейный характер и представлена на рисунке 1.14. На участке 0 – 1 увод происходит за счёт упругой деформации шины. Деформация пятна контакта происходит больше в задней части, поэтому там начинается проскальзывание, а пятно контакта приобретает «вид чечевицы». Интенсивность роста угла увода при росте боковой силы снижается, что приводит к нарушению линейной зависимости, так как увеличивается линия контакта, участок 1 – 2. Плечо сноса боковой силы на этом участке уменьшается, в результате чего и уменьшается стабилизирующий момент шины.

На участке 2 – 3 происходит полное скольжение, боковая сила пропорциональна вертикальной и зависит от коэффициента сцепления в поперечной плоскости. В точке 2 боковая сила достигает максимально возможного по сцеплению значения. Боковая сила на участке 2 – 3 определяется, как:

$$F_y = \phi_y R_z \quad (1.15)$$

где ϕ_y – коэффициент сцепления в поперечной плоскости.

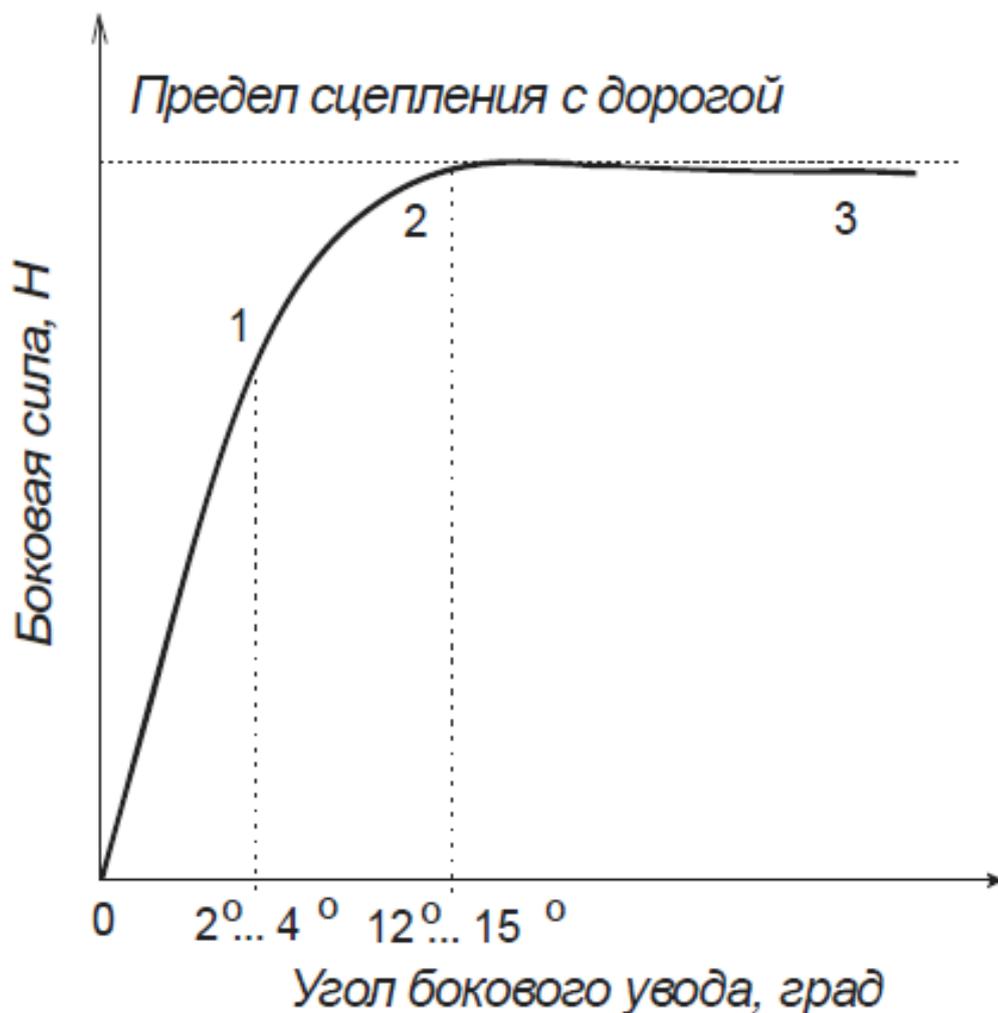


Рисунок 1.14 – Изменение угла увода от боковой силы

Боковое скольжение на твёрдом сухом покрытии начинается при углах увода равным 12...20 градусов.

При дальнейшем увеличении угла увода до девяносто градусов, боковая сила, приложенная к колесу, может слегка вырасти или уменьшится, что зависит от значения коэффициентов сцепления в продольном и поперечном направлениях, при скольжении близком к ста процентам.

Когда угол бокового увода становится очень большим, коэффициент сцепления с дорогой стремительно падает, однако в это же время, при значении этого угла большего чем ноль, достигается максимальное сцепление с дорогой.

Для оценки поведения шины используется коэффициент сопротивления боковому уводу K_{δ} . Он равен боковой силе вызывающий угол увода в один радиан. Который находится как первая производная боковой силы по углу увода. При малых углах увода коэффициент сопротивления боковому уводу можно представить, как:

$$K_{\delta} = \frac{R_{y\delta}}{\delta}, \frac{H}{\text{рад}} \quad (1.16)$$

На участке 0 – 1 зависимость боковой силы от угла увода имеет вид:

$$F_y = K_{\delta} \delta \quad (1.17)$$

Значение K_{δ} зависит от давления воздуха в шине, конструкции и размеров шины, нагрузки на колесо продольной силой, состояния и типа опорной поверхности и других факторов.

С уменьшение коэффициента сцепления в поперечной плоскости уменьшается угол увода и коэффициент сопротивления боковому уводу.

1.7 Боковая сила

Боковая сила, возникающая в шине, порождает силу упругости. Эта сила, называемая боковой силой увода или боковой силой, перпендикулярна направлению движения и возникает в центре пятна контакта. Боковая сила и угол увода взаимосвязаны: боковую силу, можно представить, как результат угла увода, и угол увода, как результат боковой силы (если боковая сила увеличилась, центробежная сила тоже увеличивается, вызывая большее отклонение шины, и, следовательно, больший угол увода). Боковую силу увода можно представить, как способность шины сопротивляться боковому скольжению шины во время поворота.

Боковая сила будет увеличиваться с углом увода, и оба будут расти за счет уменьшения радиуса поворота или увеличения линейной скорости транспортного средства (оба эти условия представляют собой рост бокового ускорения). По мере того как угол увода увеличивается, начинает происходить скольжение протектора покрышки. Если угол скольжения еще больше увеличится, в конечном итоге шина "сорвется" и скольжение произойдет во всем пятне контакта.

При повороте покрышка работает в трёх диапазонах, а именно, при отсутствии скольжения, при некотором скольжении и при полном скольжении, которые называются: упругий диапазон, переходной диапазон и диапазон трения. При скольжении между шиной и дорогой трение возникает из-за боковой реактивной силы (боковая реакция колёс). На рисунке 1.15, взятого из книги Миликина [8], показана связь между боковым усилием и углом увода на графике, где можно увидеть три рабочих диапазона. Наклон кривой на линейном (упругом) диапазоне называется поворотной жесткостью шины, и это является важным параметром для анализа поведения транспортного средства при осуществлении поворота.

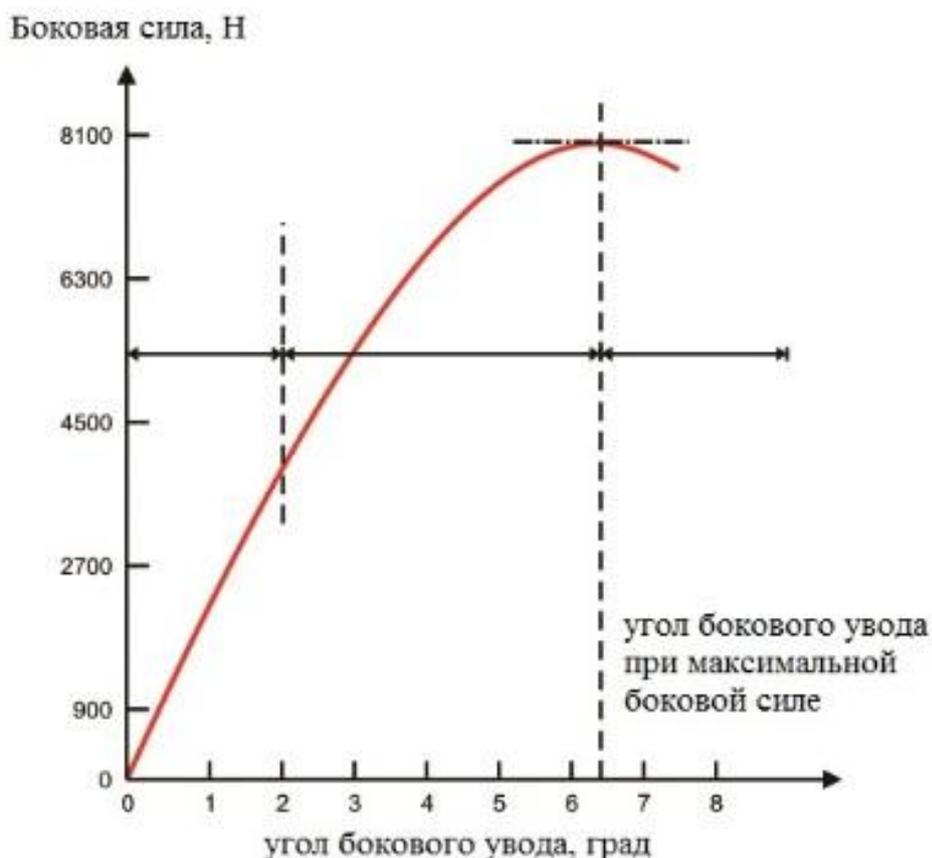


Рисунок 1.15 – Боковая сила и угол увода при нормальной нагрузке 8000 Н

Уравнение ниже показывает математическую зависимость между боковой силой F_y , углом увода α и поворотной жёсткостью C шины.

$$F_y = C \cdot \alpha \quad (1.18)$$

Вершина кривой определяет, какую по величине боковую силу может принять на себя шина. Эта сила называется пределом сцепления. После достижения этого предела боковая сила уменьшится, это передастся водителю в виде лёгкого ощущения на рулевом колесе, указывающий на то, что предел сцепления был превышен. Форма кривой определяет, как автомобиль будет вести себя в условиях высокого ускорения и превышения силы сцепления колеса с дорогой. Например, взгляните на рисунок 1.16 ниже, взятый из книги Миликина [9]. Если кривая имеет острую вершину, это указывает на резкое изменение коэффициента сцепления шины с дорогой

при переходе в занос, что может оказаться внезапною для водителя. Кривые с почти плоской верхней частью характеризуют более плавный переход, давая возможность водителю предвидеть момент, когда автомобиль может занести. К сожалению, шины с большей восприимчивостью к боковым нагрузкам (то есть гоночные шины) – это те, у которых более резкий переход от сцепления к заносу, и поэтому гонщик должен научиться чувствовать этот момент и контролировать управление автомобилем.

Интересный факт о покрышках, работающих при большом угле увода, они могут иметь значительное сопротивление к поступательному движению, которое растёт вместе с углом увода. Таким образом, если водителю нужно будет замедлиться, он может не применять тормоза, для этого водитель должен жестко бросить машину в поворот, создавая большой угол увода.

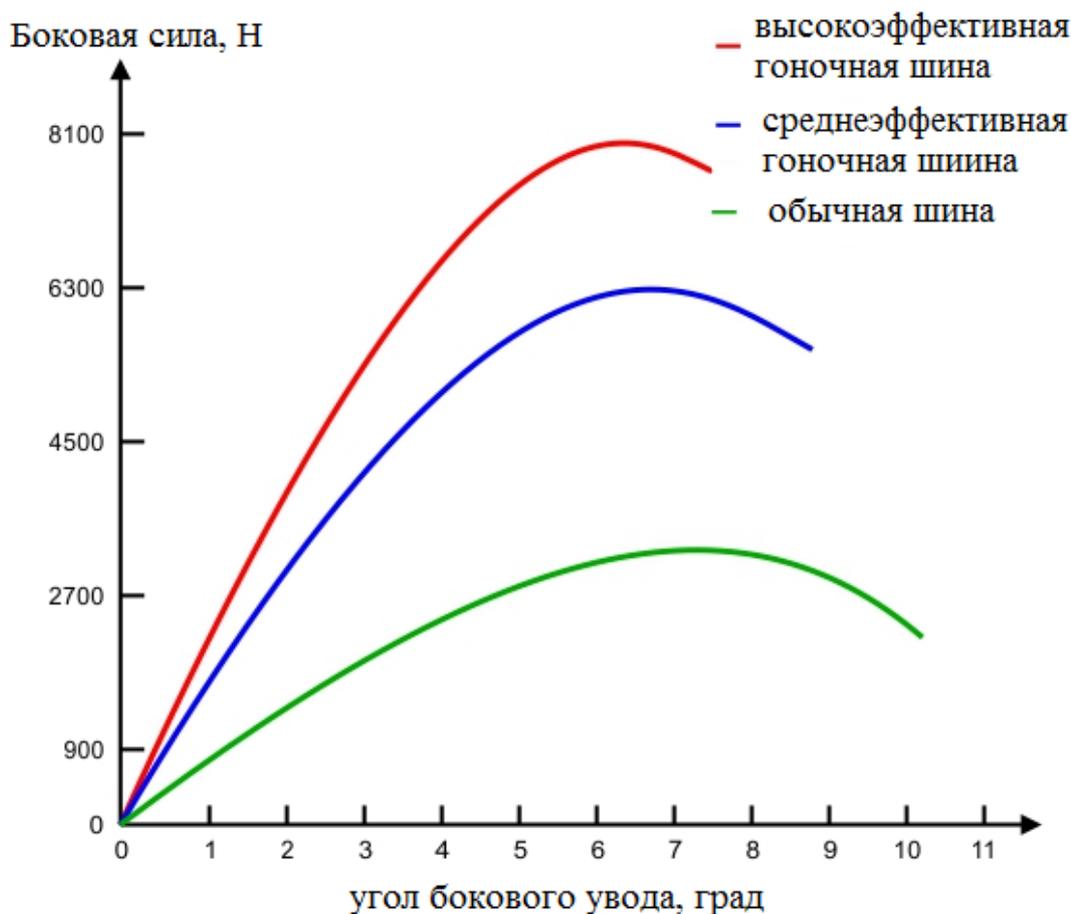


Рисунок 1.16 – Зависимость угла увода от боковой силы для трёх типов шин (кривые построены произвольно)

Чтобы немного прояснить ситуацию, определим коэффициент поперечной силы. Это аналогично коэффициенту трения. В целом это всего лишь способ нормализации боковой силы (обезразмеривания). Математическое определение выглядит следующим образом:

$$\varphi_{yF} = \frac{F_y}{F_z} \quad (1.19)$$

где φ_{yF} – коэффициент боковой силы,

F_y – горизонтальная нагрузка,

F_z – вертикальная нагрузка.

Результаты проведения опыта для определения зависимости угла увода от боковой силы при нескольких вертикальных нагрузках показан на рисунке 1.17, взятого из книги Миликина [10].

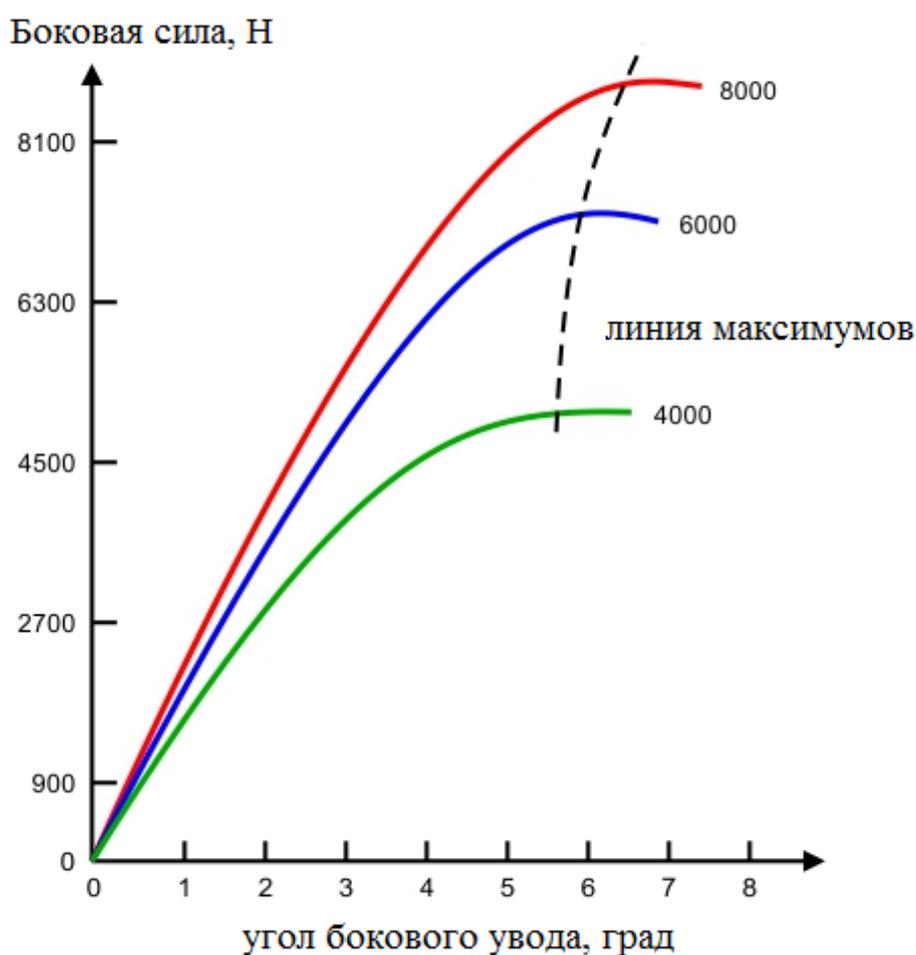


Рисунок 1.17 – угол увода от боковой силы при нескольких нагрузках

Если вместо построения графика поперечной силы мы построим график коэффициента боковой силы, результаты будут такими, как показано на рисунке 1.18.

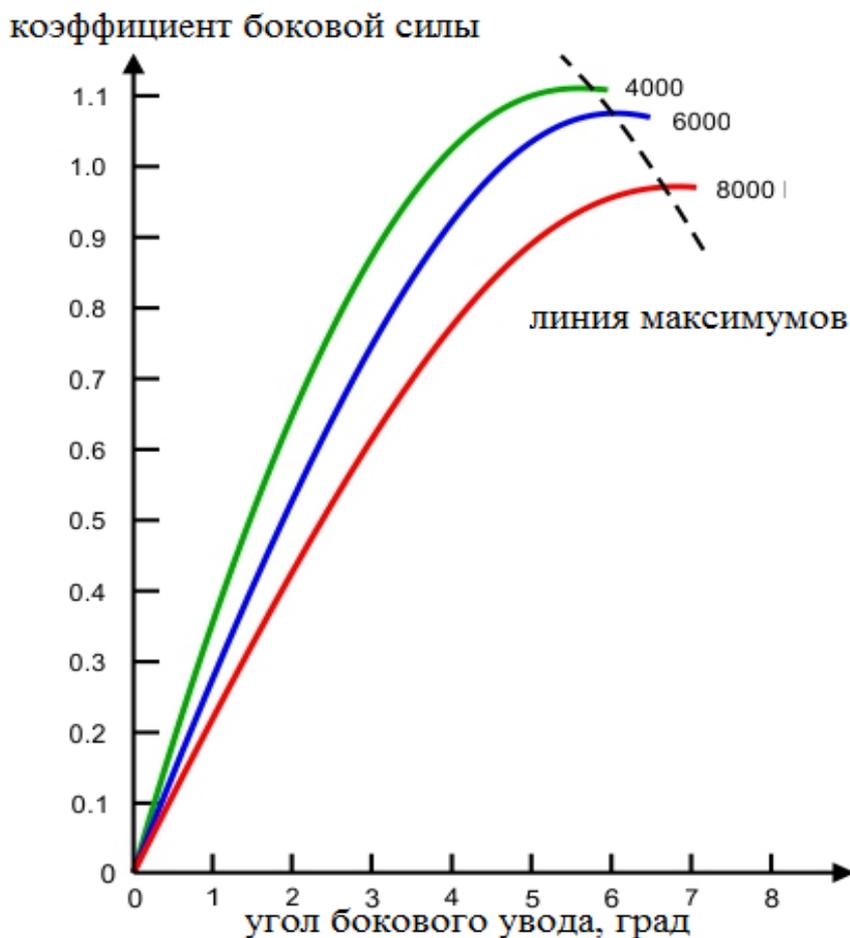


Рисунок 1.18 – Угол увода от коэффициента боковой силы при нескольких нагрузках

Этот график может предоставить много информации. Как мы видим, коэффициент поперечной силы уменьшается с ростом вертикальной нагрузки. С другой стороны, поворотная жёсткость шины растёт (линейный наклон на рисунке 1.17) при более высоких вертикальных нагрузках. Сравнивая рисунки 1.17 и 1.18, можно увидеть, что соотношение F_y/F_z уменьшается, но боковая сила продолжает увеличиваться по мере увеличения вертикальной нагрузки. Общий итог таков, что увеличение боковой силы происходит с меньшей скоростью при более высоких вертикальных нагрузках, что приводит к нелинейной связи между вертикальной нагрузкой и боковой силой, как показано на рисунке 1.19.

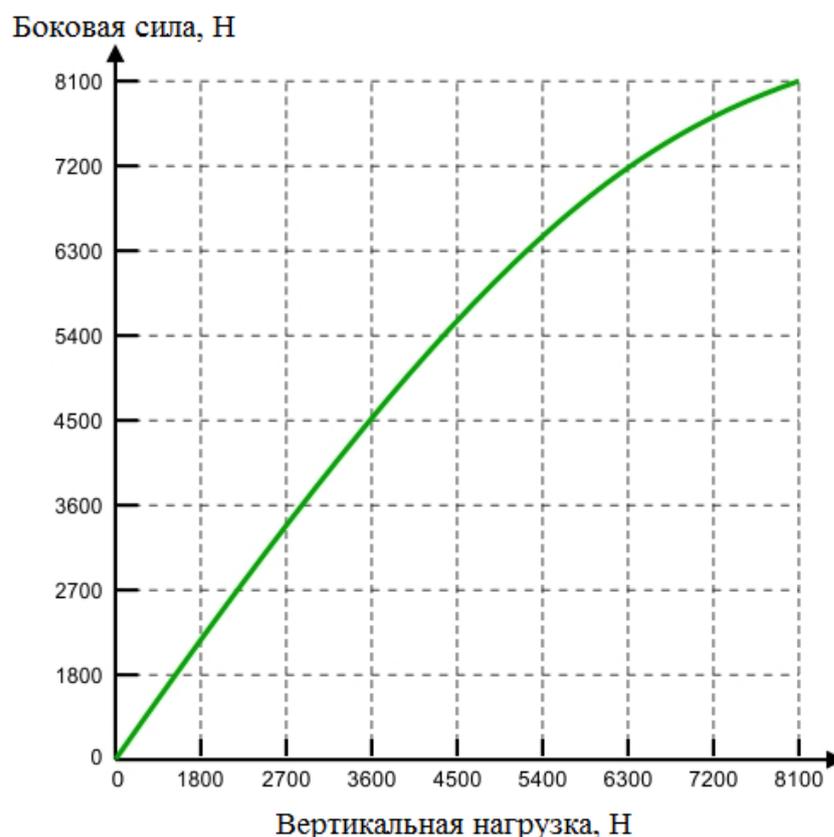


Рисунок 1.19 – Боковая сила от вертикальной нагрузки при одном угле увода

Анализируя рисунок 1.19, можно сделать выводы о поведении пары шин, действующих параллельно друг другу, как в передней или задней осях. При боковых ускорениях происходит передача нагрузки на ось от внутренней шины к внешней. Общая вертикальная нагрузка на ось останется прежней, однако общая боковая сила, создаваемая осью, будет меньше, чем если бы не произошло бокового переноса нагрузки.

Что бы лучше понять, рассмотрим пример на рисунке 1.19, чтобы лучше понять, что произошло. Допустим, автомобиль формулы имеет вес 367 кгс (около 3600 Н) на каждой из задних шин. Теоретическая боковую силу, которую мы можем получить на одной шине глядя на рисунок 1.19 - около 4500 Н, и, следовательно, боковая сила на ось будет 9000 Н. Если у нас есть пятьдесят процентов боковой передачи нагрузки на задней оси, внешнее колесо будет иметь нагрузку $367 + (0,5 \times 367) = 550.5$ кгс (около 5400 Н), в то время как внутреннее колесо будет в конечном итоге только с 183.5 кгс (около 1800 Н) вертикальной нагрузки.

Если еще раз взглянуть на рисунок 1.19, то можно увидеть, что общая боковая сила, которая может возникать на внешней шине в этих условиях, будет составлять около 6500 Н, в то время как внутренняя шина будет генерировать только 2200 Н. Тогда общая боковая сила будет составлять 8700 Н, и мы будем иметь потерю боковой силы. Кривая здесь является произвольной, равно как и значения, однако общее поведение шины в отношении вертикальной нагрузки верно. Такое поведение оси при боковом переносе нагрузки имеет решающее значение для управления гоночным автомобилем и впоследствии будет использоваться в конструкции и настройке автомобиля для изменения его управляемости и манёвренности.

1.8 Характеристики шин, влияющие на управляемость автомобиля

Характеристики шин сильно влияют на управляемость автомобиля. Особенно от них зависят углы увода. Для достижения хорошей управляемости, необходимо максимально реализовать способность шин воспринимать боковые и продольные силы, возникающие при движении автомобиля, а для этого необходимо должным образом настроить подвеску и системы управления.

Влияние конструкции шины

Радиальные шины хорошо сопротивляются уводу автомобиля и имеют больший коэффициент сопротивления уводу, чем диагональные шины, но более подвержены срыву при достижении максимального угла увода. Изношенные покрышки также имеют больший коэффициент сопротивления уводу, по сравнению с покрышками с полным рисунком протектора. Пути релаксации радиальных шин имеют большие значения, чем у диагональных шин.

Влияние давления воздуха в шине

Коэффициент сопротивления уводу, с ростом давления воздуха в шинах, увеличивается. Таким образом, при уменьшении давления воздуха в задних покрышках и (или) увеличении давления в передних, реакция управления автомобиля изменится в сторону избыточной поворачиваемости, соответственно, при обратных показателях давления, то есть увеличение давления в задних покрышках и уменьшение в передних приводит к недостаточной поворачиваемости автомобиля.

В.Н. Лата пишет: «Упругая податливость шин в боковом направлении приводит к увеличению стабилизирующего момента в рулевом управлении при действии на передних управляемых колёсах тяговых сил. Возникающий вследствие этого дополнительный упругий поворот колёс меняет поворачиваемость в сторону недостаточной» [11].

1.9 Выбор и обоснование темы работы

На сегодняшний день, в условиях развития современных технологий и создания немалого количества различных тренажёров и имитаторов, моделирующих управляемое движение автомобиля, роль практических испытаний имеет большое значение. Ведь не одна математическая модель не способна воссоздать реальные условия эксплуатации автомобиля и учесть все факторы, влияющие на его движение, и происходящие процессы. Однако, нельзя не заметить, что математическое моделирование может в значительной мере снизить затраты исследования, а также помочь предугадать результаты опыта. Тем не менее, иногда проще и дешевле провести исследования на стендах в лабораторных условиях и определить искомые данные опытным путём. Что в свою очередь может быть применено для подготовки исходных данных для проведения виртуальных испытаний.

Итак, как мы убедились, что площадь пятна контакта может оказывать влияние на коэффициент сцепления, что в свою очередь может оказать существенное влияние на движение, управляемость и устойчивость автомобиля. Поэтому целью данной работы является - выяснить как площадь пятна контакта с опорной поверхностью влияет на коэффициент сцепления в поперечной плоскости, а задачей - выявить зависимость коэффициента сцепления от площади пятна контакта и построить графики.

2 Защита интеллектуальной собственности

Не предусмотрено.

Руководитель:

/ Черепанов Л.А. /

3 Конструкторская часть

3.1 Исходные данные для выполнения тягово-динамического расчета

Тип автомобиля – полноприводный легковой автомобиль 2 класса

Колесная формула – 4x4

Количество человек – $n = 1$ (чел.)

Длина = 3720 мм.

Ширина (B_r) = 1680 мм.

Высота (H_r) = 1640 мм.

Масса в снаряженном состоянии – $m_0 = 1210$ кг.

Шины : 185/75 R 16

Коэффициент аэродинамического сопротивления - $C_x = 0.58$

Коэффициент сопротивления качению - $f_0 = 0.016$

Коэффициент преодолеваемого уклона - $\alpha_{\max} = 0.30$

Максимальная скорость - $V_{\max} = 145$ км/ч (40 м/с)

Максимальная частота вращения коленчатого вала – $\omega_{e \max} = 630$ с⁻¹ (6016 об/мин)

КПД трансмиссии – $\eta_{\text{тр}} = 0.92$

Число передач – 5

Выполнен тяговый расчет, графики приведены в приложении А.

4 Исследовательская часть

В данной работе на стендах проведено исследование влияния площади пятна контакта на коэффициент сцепления в поперечной плоскости. Использовались три вида покрышек: летняя, зимняя (без шипов) и изношенная, одинакового четырнадцатого радиуса (R14).

Ниже приведён алгоритм выполнения работы.

1) Тарировка оборудования:

- Расчёт тарировочного коэффициента для вертикальной нагрузки;
- Расчёт тарировочного коэффициента для горизонтальной нагрузки.

2) Определения коэффициента сцепления в поперечном направлении.

3) Определение площади пятна контакта.

4) Сравнительный анализ полученных данных и построение графиков.

4.1 Тарировка оборудования

Алгоритм расчёта тарировочного коэффициента вертикальной нагрузки:

1) Нагрузить стенда тремя вертикальными нагрузками, для этого:

- Взять три известные массы;

$$m_1 = 88,1 \text{ кг}, m_2 = 96,3 \text{ кг}, m_3 = 97,9 \text{ кг}$$

- Перевести килограммы в ньютоны;

$$F_1 = m_1 * 9,8 = 863,4 \text{ Н}$$

$$F_2 = m_2 * 9,8 = 943,7 \text{ Н}$$

(4.1)

$$F_3 = m_3 * 9,8 = 959,4 \text{ Н}$$

- 2) Приложить найденную нагрузку к стенду;
- 3) Считать показатели отклонения луча осциллографа;

В результате приложения к колесу трех вертикальных нагрузок, луч на осциллографе сместился на 10 мм во всех трёх случаях, вследствие незначительной разницы значений нагрузок.

- 4) Рассчитать коэффициент тарировки

$$K_{\text{верт}} = \frac{F_n}{10 \times 3}$$

(4.2)

где ΣF_n – сумма вертикальных нагрузок.

Расчёт тарировочного коэффициента горизонтальной нагрузки осуществляется в той же последовательности, для приложения нагрузки в горизонтальном направлении используется динамометр.

По результатам тарировки получены следующие значения:

- 1) Тарировочный коэффициент вертикальной нагрузки $K_{\text{верт}}=92,23$
- 2) Тарировочный коэффициент горизонтальной нагрузки $K_{\text{гор}}=30,60$.

4.2 Определение коэффициента сцепления в поперечном направлении

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

Алгоритм выполнения работы.

- 1) Приложить вертикальную нагрузку к колесу;
- Перевести нагрузку из «кг» в «мм» для работы с осциллографом;
- 2) Приложить горизонтальную нагрузки в поперечном направлении;
- 3) Определить значение боковой силы;
- 4) Определить коэффициент сцепления по формуле.

Пример определения коэффициента сцепления в поперечной плоскости.

Дано: Давление в шине $P_{ш} = 2,0$ атм;

Нагрузка, приложенная к колесу $F_z = 200$ кг.

Перевод нагрузки из килограммов в миллиметры.

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

$$F_z = 200 * 9,8 = 1960 \text{ Н} \quad (4.3)$$

Полученное значение в ньютонах делим на среднее значение вертикального коэффициента тарировки $K_{\text{верт}} = 92,23$

$$S = 1960/92,23 = 21,2 \text{ мм}$$

(4.4)

Далее нагружаем колесо до перемещения линии вертикальной нагрузки, на экране осциллографа, на полученное значение перемещения S от исходного положения.

После этого нагружаем опорную плиту стенда, имитирующую дорожное покрытие, боковой силой, 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). В момент проскальзывания шины снять показания в миллиметрах, на которое линия совершила перемещение S' .

Определение боковой силы.

Умножим ранее полученное перемещение $S' = 29$ мм на среднее значение горизонтального коэффициента тарировки $K_{гор} = 30,60$

$$F_y = 29 * 30,60 = 887,4 \text{ Н}$$

(4.5)

Определение значение коэффициента сцепления.

Разделим значение боковой силы F_y на вертикальную нагрузку F_z

$$\varphi_y = F_y / F_z = 887,4 / 1960 = 0,45$$

(4.6)

4.2.1 Предварительные испытания

Перед основными опытами были проведены предварительные испытания с использованием пробной шины для тренировки навыков определения коэффициента сцепления и доводки оборудования.

Задачи предварительных испытаний:

1) Определить зависимость коэффициента сцепления от нагрузки, прикладываемой к колесу при постоянном давлении в шине $P_{ш} = 2,0$ атм.

Прикладываемые нагрузки: $F_{z1} = 200$ кг, $F_{z2} = 250$ кг, $F_{z3} = 300$.

2) Определить зависимость коэффициента сцепления от давления в шине при постоянной нагрузке $F_z = 200$ кг.

Давления в шине: $P_{ш1} = 1,8$ атм, $P_{ш2} = 2,0$ атм, $P_{ш3} = 2,2$ атм.

Следуя пунктам алгоритма определения коэффициента сцепления в поперечной плоскости и согласно его примеру, были определены искомые величины коэффициентов сцепления и получены интересующие нас зависимости.

Результаты предварительных испытаний представлены в таблицах 4.1 и 4.2 и рисунках 4.1 и 4.2.

Таблица 4.1 – Зависимость коэффициента сцепления от нагрузки, прикладываемой к колесу при постоянном давлении в шине

| P _ш = 2.0 атм | |
|--------------------------|------|
| 200 кг | 0,64 |
| 250 кг | 0,61 |
| 300 кг | 0,56 |

Таблица 4.2 – Зависимость коэффициента сцепления от давления в шине при постоянной нагрузке

| Нагрузка = 200 кг | |
|-------------------|------|
| 1.8 атм. | 0,53 |
| 2.0 атм. | 0,64 |
| 2.2 атм. | 0,64 |

4.2.2 Определение коэффициента сцепления в поперечной плоскости

Следуя пунктам алгоритма определения коэффициента сцепления в поперечной плоскости и согласно его примеру, были определены искомые

| | | |
|---------------|-------------------|---------------|
| Летнее колесо | Изношенное колесо | Зимнее колесо |
|---------------|-------------------|---------------|

величины коэффициентов сцепления для трех различных видов колес, при различных нагрузках, прикладываемых к ним, и получены интересующие нас зависимости.

Полученные значения коэффициентов сцепления, сведены в таблицу 4.3, а также построены графики.

Таблица 4.3 – Зависимость коэффициента сцепления от нагрузок, прикладываемых к колесам, и от давления в шинах

| Нагрузка=270 кг=5,6 МПа | | | |
|-------------------------|-----------------------|-------------------|---------------|
| Р _{шины} | Коэффициент сцепления | | |
| 1,8 | 0,40 | 0,37 | 0,51 |
| 2,0 | 0,42 | 0,34 | 0,37 |
| 2,2 | 0,43 | 0,36 | 0,39 |
| Нагрузка=307 кг=6,4 МПа | | | |
| 1,8 | 0,4 | 0,36 | 0,52 |
| 2,0 | 0,41 | 0,35 | 0,35 |
| 2,2 | 0,41 | 0,35 | 0,41 |
| Нагрузка=376 кг=7,8 МПа | | | |
| 1,8 | 0,40 | 0,33 | 0,54 |
| 2,0 | 0,42 | 0,32 | 0,34 |
| 2,2 | 0,41 | 0,32 | 0,42 |
| | Летнее колесо | Изношенное колесо | Зимнее колесо |
| Нагрузка=270 кг=5,6 МПа | | | |
| Р _{шины} | Коэффициент сцепления | | |
| 1,8 | 0,40 | 0,37 | 0,51 |
| 2,0 | 0,42 | 0,34 | 0,37 |
| 2,2 | 0,43 | 0,36 | 0,39 |
| Нагрузка=307 кг=6,4 МПа | | | |
| 1,8 | 0,4 | 0,36 | 0,52 |
| 2,0 | 0,41 | 0,35 | 0,35 |
| 2,2 | 0,41 | 0,35 | 0,41 |
| Нагрузка=376 кг=7,8 МПа | | | |
| 1,8 | 0,40 | 0,33 | 0,54 |
| 2,0 | 0,42 | 0,32 | 0,34 |
| 2,2 | 0,41 | 0,32 | 0,42 |

Результаты зависимостей наглядно показаны на графиках, которые изображены на рисунках 4.1, 4.2 и 4.3 ниже.

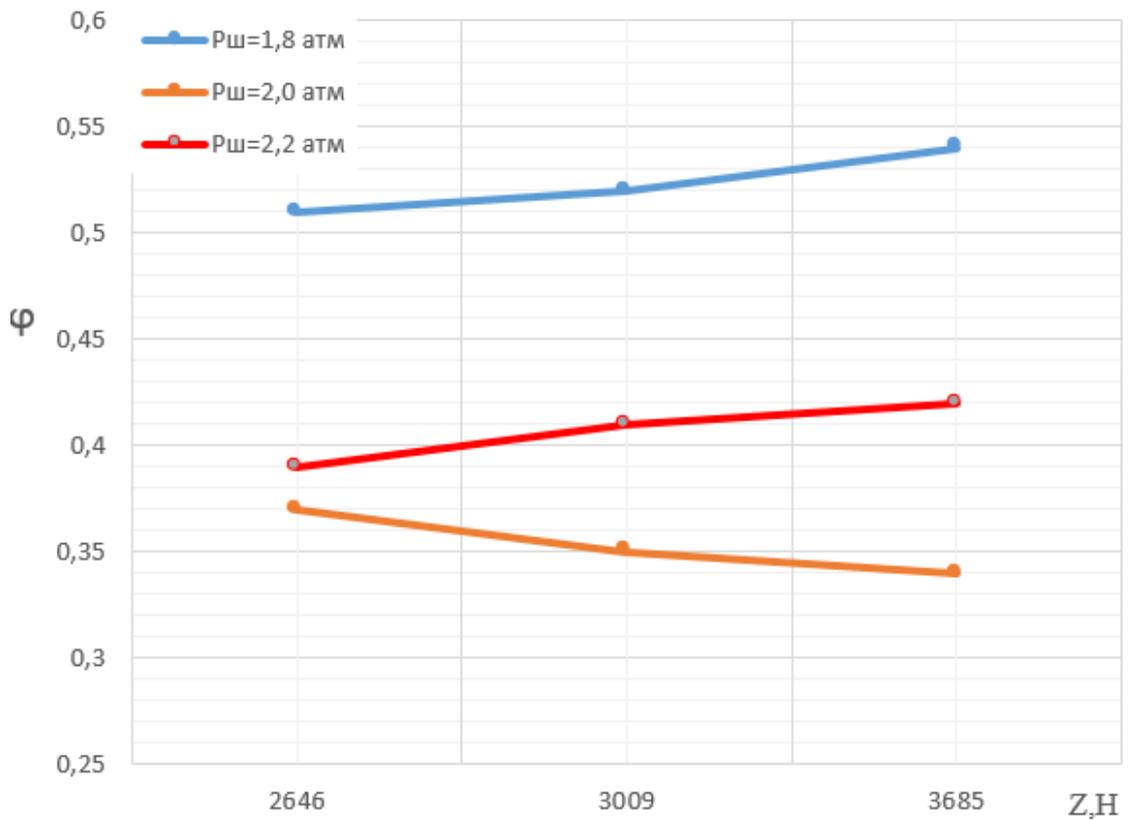


Рисунок 4.1 – Зависимость коэффициента сцепления от вертикальной нагрузки при различных $P_{ш}$ для зимней шины

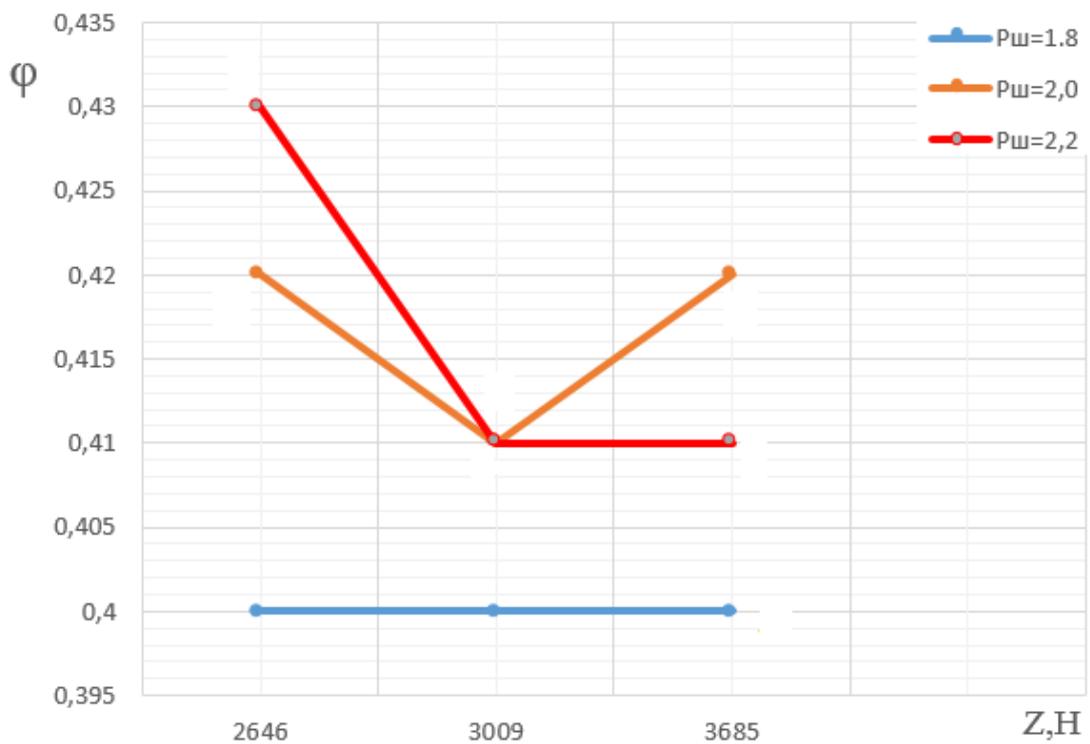


Рисунок 4.2 – Зависимость коэффициента сцепления от вертикальной нагрузки при различных $P_{ш}$ для летней шины

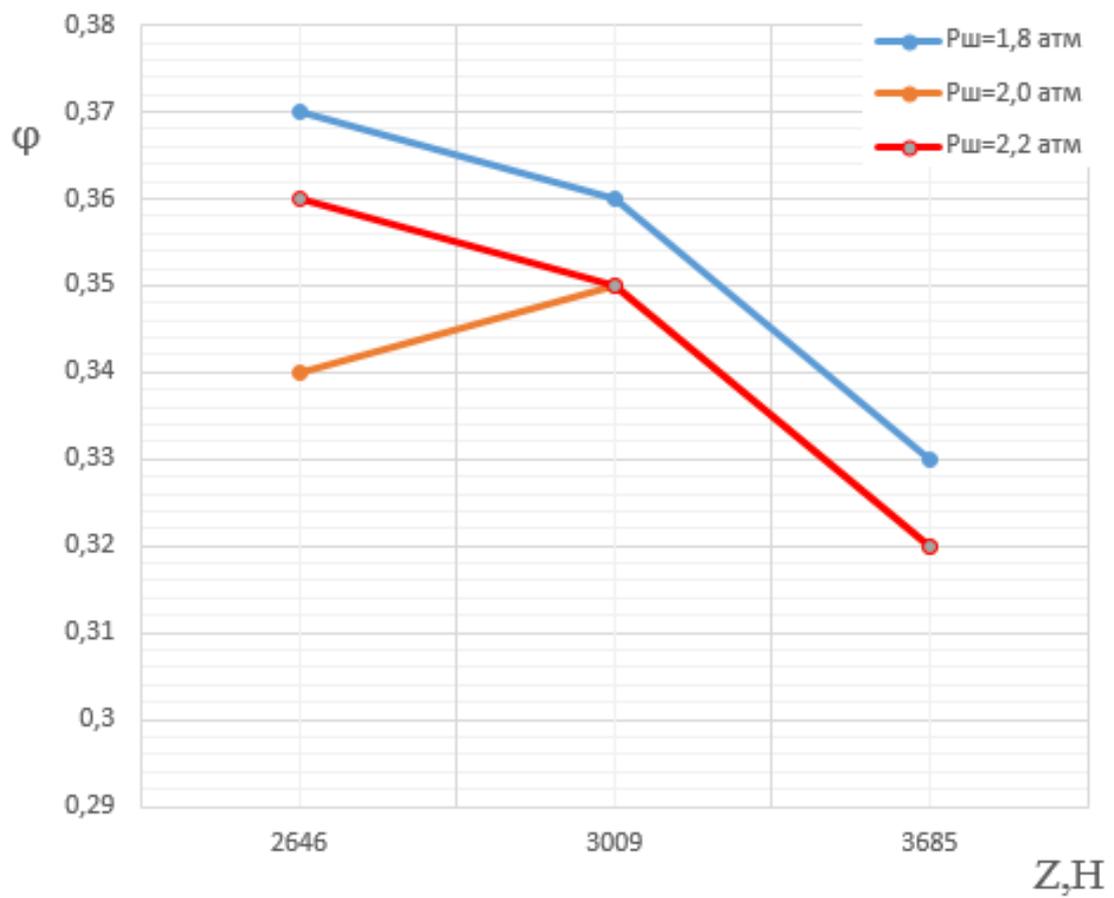


Рисунок 4.3 – Зависимость коэффициента сцепления от вертикальной нагрузки при различных $P_{ш}$ для изношенной шины

4.3 Зависимость коэффициента сцепления от площади пятна контакта

Третьим этапом выполняемых работ является определение площади пятна контакта шины с опорной поверхностью.

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

Описание процесса.

К колесам с определённым давлением воздуха в них прикладывалась нагрузка. Между площадкой из прочного стекла и колесом помещался прозрачный файлик, 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.

Имея значения площадей пятна контакта колес, с добавлением значений соответствующих коэффициентов сцепления, мы можем исследовать зависимость коэффициента сцепления в поперечной плоскости от площади пятна контакта.

Полученные коэффициенты сцепления и площади сведены в таблицу 4.4.

Таблица 4.4 – Зависимость коэффициента сцепления от площади пятна контакта с опорной поверхностью в поперечной плоскости

| P | Летнее | | Изношенное | | Зимнее | |
|-------------------------|--------|------|------------|------|--------|------|
| | S | Ф | S | Ф | S | Ф |
| Нагрузка=270 кг=5,6 МПа | | | | | | |
| 1,8 | 88,7 | 0,40 | 138.3 | 0,37 | 103,6 | 0,51 |
| 2,0 | 82,0 | 0,42 | 116.4 | 0,34 | 98,9 | 0,37 |
| 2,2 | 77,2 | 0,43 | 112.2 | 0,36 | 90,3 | 0,39 |
| Нагрузка=307 кг=6,4 МПа | | | | | | |
| 1,8 | 102,8 | 0,4 | 143.0 | 0,36 | 117,4 | 0,52 |
| 2,0 | 99,3 | 0,41 | 132.0 | 0,35 | 111,1 | 0,35 |
| 2,2 | 98,6 | 0,41 | 130.2 | 0,35 | 107,2 | 0,41 |
| Нагрузка=376 кг=7,8 МПа | | | | | | |
| 1,8 | 125,6 | 0,40 | 180.7 | 0,33 | 148,6 | 0,54 |
| 2,0 | 114,9 | 0,42 | 156.1 | 0,32 | 136,0 | 0,34 |
| 2,2 | 106,4 | 0,41 | 138.4 | 0,32 | 115,4 | 0,42 |

По полученным данным построены графики, представленные на рисунках 4.4, 4.5 и 4.6.

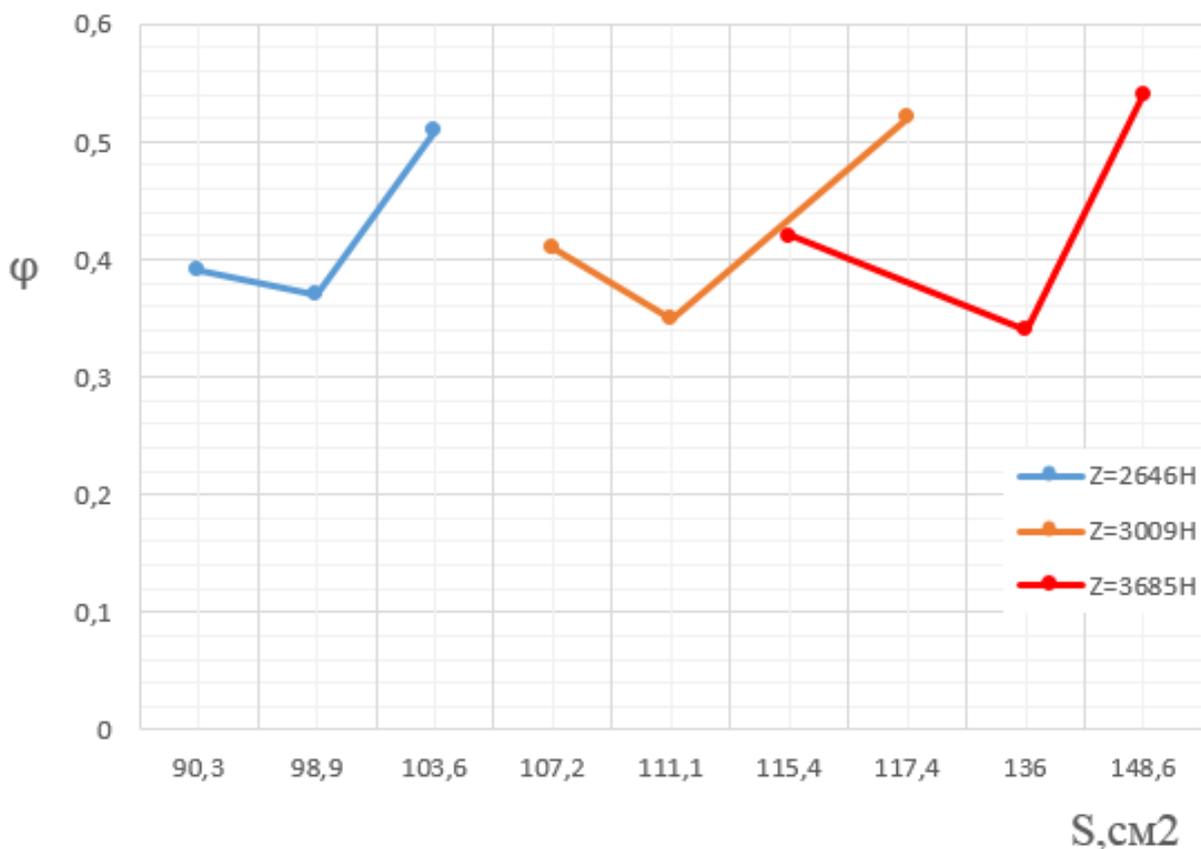


Рисунок 4.4 – Зависимость коэффициента сцепления от площади пятна контакта для зимней шины

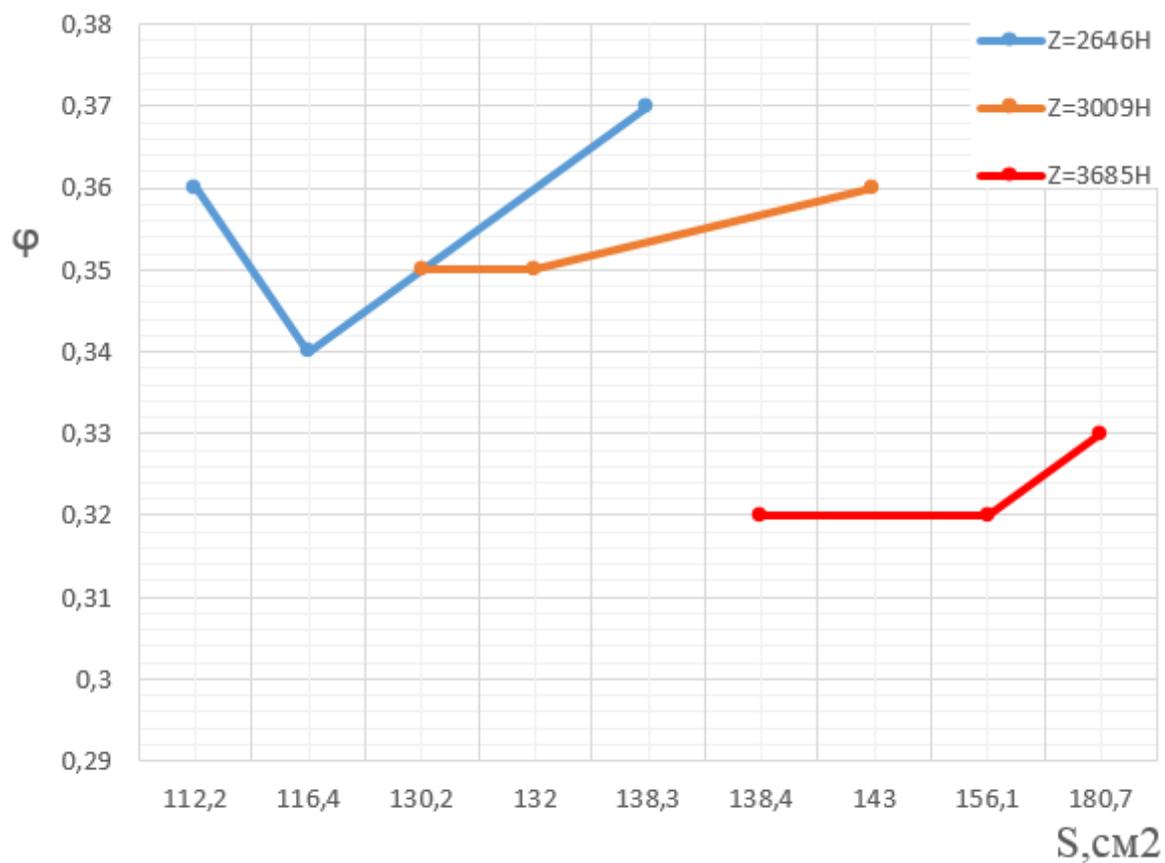


Рисунок 4.5 – Зависимость коэффициента сцепления от площади пятна контакта для изношенной шины

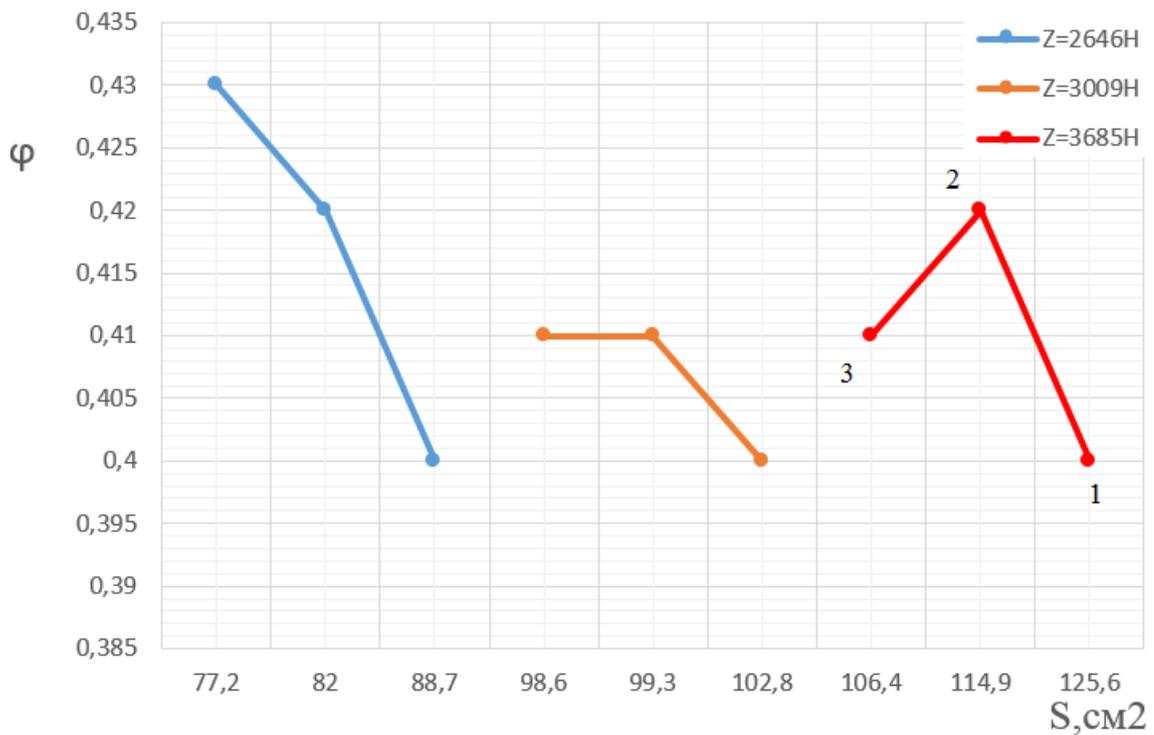


Рисунок 4.6 – Зависимость коэффициента сцепления от площади пятна контакта для летней шины

На рисунке 4.7 ниже, в качестве примера, представлены пятна контакта изношенного колеса при одинаковом давлении в шине и разных нагрузках. Здесь наглядно можно увидеть, что с увеличением вертикальной нагрузки увеличивается площадь пятна контакта.



Рисунок 4.7 – Пятна контакта изношенной шины

Отпечатки пятен контакта для трёх шин приведены в приложении Б.

4.4 Сравнительный анализ полученных данных

Анализ графиков летней шины (рисунок 4.6):

1. Площадь пятна контакта увеличивается с ростом вертикальной нагрузки, при любом давлении шины.
2. С ростом давления шины уменьшается площадь пятна контакта.
3. Максимальный коэффициент сцепления в поперечной плоскости получился при минимальной площади пятна контакта ($77,2 \text{ см}^2$) и наименьшей вертикальной нагрузке (2646 Н), но при наибольшем давлении шины (2,2 атм).
4. Минимальные коэффициенты сцепления в поперечной плоскости получены при большей площади пятна контакта.
5. С ростом вертикальной нагрузки при наибольшем давлении (2,2 атм) коэффициент сцепления в поперечной плоскости уменьшается, а затем остаётся постоянным.
6. При наибольшей нагрузке (3685 Н) с ростом давления шины, коэффициент сцепления в поперечной плоскости сначала растёт, а потом уменьшается.

Анализ графиков зимней шины (рисунок 4.4):

1. Площадь пятна контакта увеличивается с ростом вертикальной нагрузки, при любом давлении шины.
2. С ростом давления шины уменьшается площадь пятна контакта.
3. Максимальный коэффициент сцепления в поперечной плоскости получился при максимальной площади пятна контакта ($148,6 \text{ см}^2$) и наибольшей вертикальной нагрузке (3685 Н), но при наименьшем давлении шины (1,8 атм).

4. Минимальные коэффициенты сцепления в поперечной плоскости получены при средней площади пятна контакта.
5. При всех вертикальных нагрузках с ростом давления шины, коэффициент сцепления в поперечной плоскости сначала уменьшается от наибольшего значения, а потом увеличивается, но не достигает прежнего значения.
6. На всех графиках присутствует зона минимума.

Пояснение графиков:

На графике, рисунок 4.6, на участке 1 – 2 – 3, можно увидеть, что с уменьшением площади пятна контакта в одном случае, коэффициент сцепления в поперечной плоскости увеличивается, а в другом уменьшается, что говорит о том, что изменение площади пятна контакта неоднозначно влияет на коэффициент сцепления в поперечной плоскости. Данное явление можно объяснить тем, что с увеличением давления шины при постоянной нагрузке, участок 1 – 2, коэффициент сцепления в поперечной плоскости растёт за счёт увеличения удельного давления, что можно увидеть на рисунке 4.8, точки 9' и 6', так как площадь пятна контакта уменьшается, что улучшает адгезию. При этом, с увеличением давления шины, деформация шины в поперечной плоскости уменьшается. Пока шина способна воспринимать боковые нагрузки не теряя сцепления, потому что часть боковой силы компенсируется деформацией шины и на данном промежутке коэффициент сцепления увеличивается, поэтому нам необходимо прикладывать большую боковую силу до момента проскальзывания шины, как видно на рисунке 4.8, точки 9 и 6. С последующим увеличением давления шины на участке 2 – 3, рисунок 4.6, растёт боковая жёсткость колеса и способность колеса противодействовать поперечной деформации, а площадь пятна контакта уменьшается ещё больше, в виду чего начинает уменьшаться коэффициент сцепления в поперечной плоскости, рисунок 4.8, точки 6 и 3, так как колесо теперь не может воспринимать большие боковые нагрузки, а также, учитывая в данном случае свойства резины, увеличение

удельного давления в пятне контакта, приводит к уменьшению коэффициента трения.

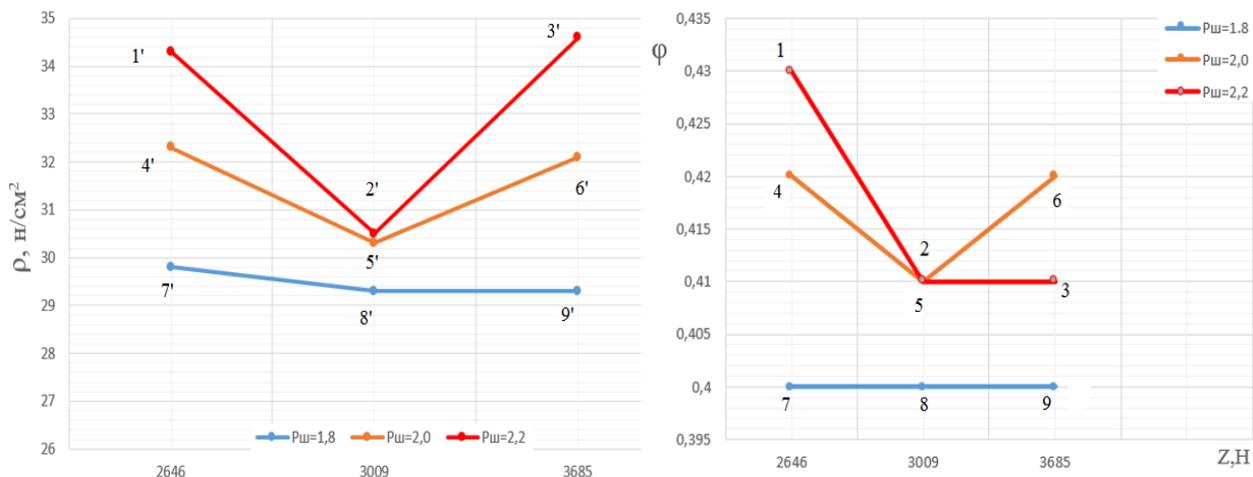


Рисунок 4.8 - Сравнение коэффициента сцепления с величиной удельного давления для летней шины при росте вертикальной нагрузки

На рисунке 4.8, можно увидеть, что с увеличением площади пятна контакта в одном случае за счёт увеличения вертикальной нагрузки, коэффициент сцепления в поперечной плоскости уменьшается, участок 4 – 5, а в другом увеличивается, участок 5 – 6, что снова говорит о том, что изменение площади пятна контакта неоднозначно влияет на коэффициент сцепления в поперечной плоскости. На рисунке 4.8, увеличение вертикальной нагрузки, при постоянном давлении шины, компенсируется радиальной деформацией шины, что приводит к увеличению площади пятна контакта. На участке 4 – 5, с ростом площади пятна контакта, происходит снижение коэффициента сцепления пропорционально снижению удельного давления, участок 4' – 5', а на участке 5 – 6, с последующим ростом площади, происходит увеличение коэффициента сцепления также пропорционально увеличению удельного давления, участок 5' – 6', но стоит заметить, что в данном случае удельное давление ниже, чем на участке 5 – 3,

а коэффициент сцепления больше, так как увеличение коэффициента сцепления в поперечной плоскости произошло по причине увеличения количества микровыступов в пятне контакта с увеличением его площади.

В случае с зимней шиной, рисунок 4.4, более явно прослеживается неоднозначная зависимость коэффициента сцепления от изменения площади пятна контакта, вызванная понижением давления шины. Наибольшая площадь пятна контакта обеспечила наибольшие коэффициенты сцепления при всех нагрузках. В первом случае, на участках скатов прямых, с уменьшением давления шины, и увеличением площади пятна контакта, снижается коэффициент сцепления и удельное давление, рисунок 4.8, участки 3' – 4' и 3 – 4, но во втором случае, с последующим ростом площади пятна контакта за счёт снижения давления шины, коэффициент сцепления начинает расти и достигает наибольшего значения, участок 5 – 6, потому что зимняя резина имеет более высокий гистерезис. На рисунке 4.8, участок 1 – 2, коэффициент сцепления обеспечивается достаточной боковой жёсткостью шины, что способствует восприятию большей боковой силы, несмотря на меньшую площадь пятна контакта, так как удельное давление и свойства гистерезиса зимней шины обеспечивают хорошее сцепление. Дальнейшее уменьшение давления привело к снижению боковой жёсткости и удельного давления, участок 3' – 4', в результате чего ухудшился коэффициент сцепления, участок 3 – 4. Однако увеличение площади пятна контакта за счёт снижения давления шины, в случае с шинами с высоким гистерезисом имеет большее значение, чем удельное давление, и обеспечивает ещё больший коэффициент сцепления, поэтому наибольший коэффициент сцепления получился при меньшем давлении шины и большей площади пятна контакта на участке 5 – 6.

У изношенной шины присутствует тенденция роста коэффициента сцепления с увеличением площади пятна контакта за счёт снижения давления шины, рисунок 4.5, но с ростом площади пятна контакта за счёт увеличения вертикальной нагрузки, коэффициент сцепления понижается, рисунок 4.3.

Увеличение площади пятна контакта за счёт снижения давления шины обеспечило наибольшие коэффициенты сцепления при всех трёх вертикальных нагрузках, рисунок 4.10, но во всех случаях коэффициент сцепления ниже, чем у нормальных шин.

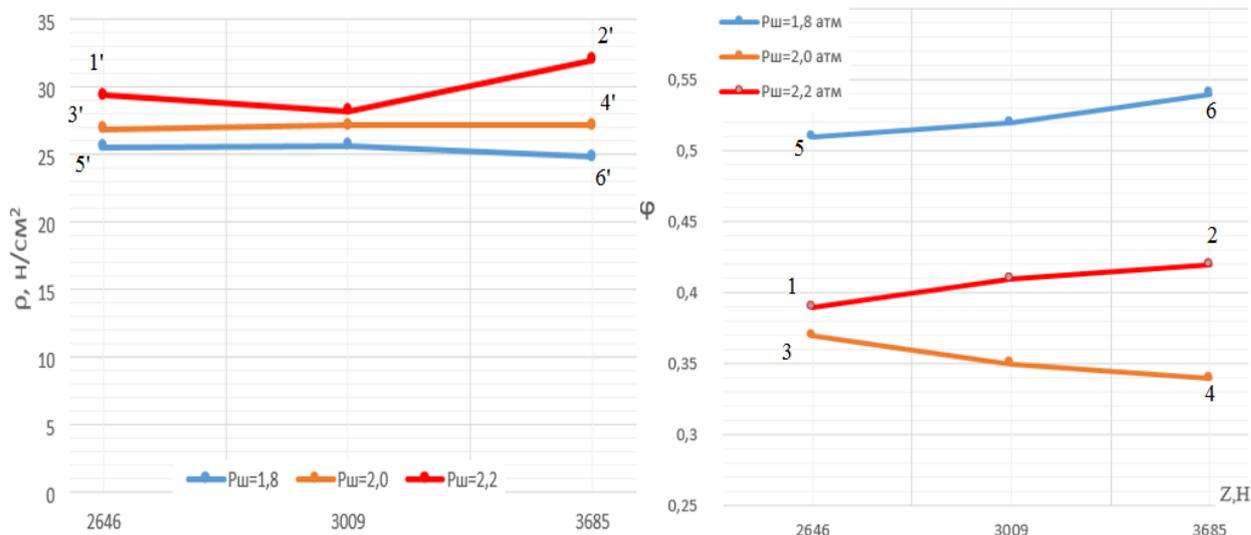


Рисунок 4.9 - Сравнение коэффициента сцепления с величиной удельного давления для зимней шины при росте вертикальной нагрузки

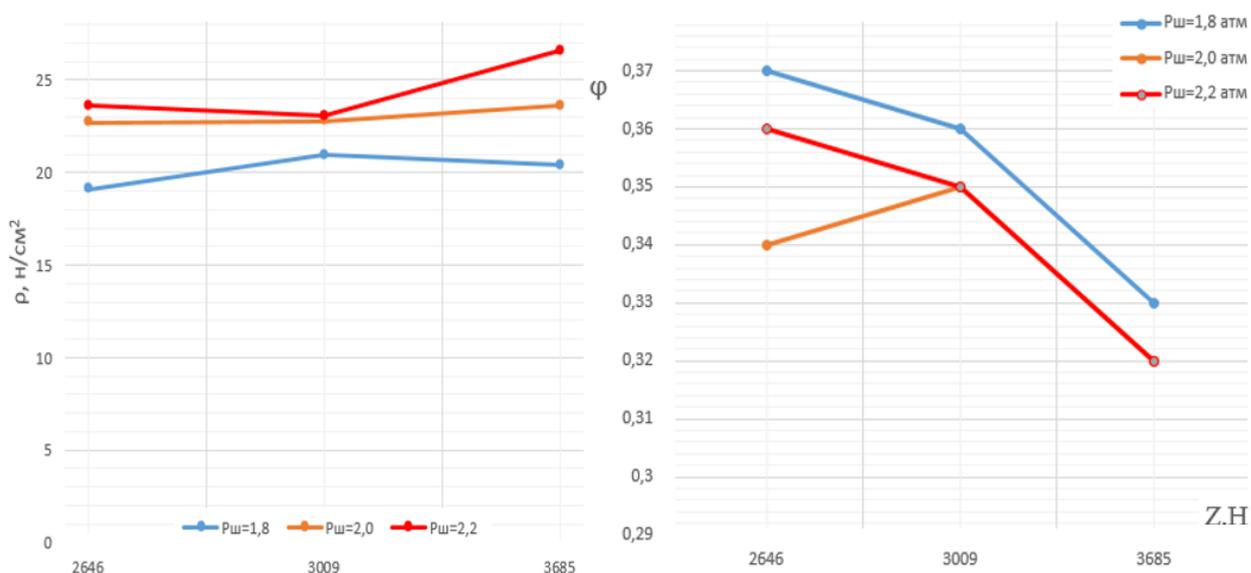


Рисунок 4.10 - Сравнение коэффициента сцепления с величиной удельного давления для изношенной шины при росте вертикальной нагрузки

Стоит заметить, что максимальный коэффициент сцепления у летней шины был получен при минимальной площади пятна контакта, при низкой

вертикальной нагрузке, а у зимней шины он был получен при максимальной площади пятна контакта и максимальной вертикальной нагрузке, что ещё раз доказывает неоднозначность влияния площади пятна контакта на коэффициент сцепления в поперечной плоскости.

Вывод.

Во всех случаях прослеживается неоднозначная зависимость влияния изменения площади пятна контакта на коэффициент сцепления в поперечной плоскости, а изменение коэффициента сцепления больше вызвано влиянием других факторов. Так же можно заметить, что влияние изменения площади пятна контакта на коэффициент сцепления носит двойственный характер, как при увеличении, так и при её уменьшении, а на работу шины большое влияние оказывает податливость шины в боковом и вертикальном направлении, а также её гистерезисные свойства. Однозначной зависимости коэффициента сцепления от изменения площади пятна контакта не прослеживается, однако говорить, что площадь пятна контакта не влияет на коэффициент сцепления в поперечной плоскости нельзя, ведь в некоторых случаях при наступлении определённых условий, увеличение площади пятна контакта улучшает сцепные характеристики автомобиля с дорогой.

5 Экономическое обоснование эффективности дипломного проекта

В данном дипломе была проделана работа по исследованию влияния площади пятна контакта шины с опорной поверхностью на коэффициент сцепления в поперечной 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 проекта был составлен график длительности этапов НИиОКР и составлена смета затрат на проведение НИиОКР.

5.1 Определение суммарной деятельности НИР

Перечень стадий и этапов выполнения НИиОКР сведен в таблице 5.1

Таблица 5.1 – Этапы проведения НИиОКР

| № п/п | Наименование работ | Трудоёмкость, дни | | Должность исполнителя | Кол-во исполнителей, чел. | Применяемое оборудование |
|---|---|-------------------|------------------|-----------------------|---------------------------|--------------------------|
| | | t _{min} | t _{mix} | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| I.Маркетинговые и патентные исследования. | | | | | | |
| 1.1 | Сбор данных об аналогичных исследованиях | 2 | 2 | Ведущий инженер | 1 | ПК |
| | | | | Инженер (студент) | 1 | |
| 1.2 | Анализ стоимости аналогичных исследований | 1 | 2 | Ведущий инженер | 1 | ПК |
| | | | | Инженер (студент) | 1 | |
| 1.3 | Оценка целесообразности использования результатов проводимых исследований | 1 | 2 | Ведущий инженер | 1 | ПК |
| | | | | Инженер (студент) | 1 | |
| II.Подготовительные работы и предварительные испытания | | | | | | |
| 2.1 | Подготовка аппаратуры, объекта исследования и расходных материалов | 0,5 | 1 | Ведущий инженер | 1 | Стенды |
| | | | | Инженер (студент) | 1 | |

| | | | | | | |
|-----|--|-----|---|-------------------|---|--------|
| 2.2 | Предварительные испытания, тарировка оборудования и анализ полученных данных | 1 | 1 | Ведущий инженер | 1 | Стенды |
| | | | | Инженер (студент) | 1 | |
| 2.3 | Доводочные работы | 0,5 | 1 | Ведущий инженер | 1 | Стенды |
| | | | | Инженер (студент) | 1 | |

Продолжение таблицы 5.1

| III.Проведение опытов и анализ полученных результатов | | | | | | |
|--|---|---|---|-------------------|---|-------|
| 3.1 | Измерения параметров пятна контакта колеса | 1 | 2 | Инженер (студент) | 2 | Стенд |
| 3.2 | Измерения параметров коэффициента сцепления колеса в поперечной плоскости | 1 | 2 | Инженер (студент) | 2 | Стенд |
| 3.3 | Анализ полученных результатов, построение графиков и формулировка выводов | 1 | 2 | Ведущий инженер | 1 | ПК |
| | | | | Инженер (студент) | 1 | |
| IV.Оформление результатов НИиОКР | | | | | | |
| 4.1 | Расчёт затрат на проведение НИиОКР и экономической эффективности | 2 | 2 | Инженер (студент) | 1 | ПК |
| 4.2 | Составление и согласование отчёта о проделанной работе | 1 | 2 | Ведущий инженер | 1 | ПК |
| | | | | Инженер (студент) | 1 | |
| 4.3 | Непредвиденные работы | 1 | 2 | Ведущий инженер | 1 | |

| | | | | | | |
|---------------|--|-----------|-----------|----------------------|---|--|
| | | | | Инженер (студент) | 1 | |
| ИТОГО: | | 13 | 21 | | | |

5.1.1 Определение ожидаемой трудоёмкости каждого этапа

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{\min\ i} + 2t_{\max\ i}}{5}$$

(5.1)

где $t_{\min\ i}$ – минимальная трудоёмкость i -го этапа;

$t_{\max\ i}$ – максимальная трудоёмкость i -го этапа.

Результаты расчёта $t_{ож\ i}$ сведены в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Ожидаемая трудоёмкость

| № п/п | $t_{\min\ i}$ | $t_{\max\ i}$ | $t_{ож\ i}$ |
|-------|---------------|---------------|-------------|
| 1.1 | 2 | 2 | 2.4 |
| 1.2 | 1 | 2 | 1.4 |
| 1.3 | 1 | 2 | 1.4 |
| 2.1 | 0.5 | 1 | 0.7 |
| 2.2 | 1 | 1 | 1 |
| 2.3 | 0.5 | 1 | 0.7 |
| 3.1 | 1 | 2 | 1.4 |
| 3.2 | 1 | 2 | 1.4 |
| 3.3 | 1 | 2 | 1.4 |
| 4.1 | 2 | 2 | 2.4 |
| 4.2 | 1 | 2 | 1.4 |
| 4.3 | 1 | 2 | 1.4 |

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

Длительность этапа, дни:

$$T_{\text{эт } i} = \frac{t_{\text{ож } i}}{\tau_i} \quad (5.2)$$

где τ_i – численность исполнителей.

Суммарная длительность НИР, дни:

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m T_{\text{эт } i} \quad (5.3)$$

Удельный вес каждого этапа определяется в %, принимая T_{Σ} за 100%:

$$y_{\text{Дэт } i} = \frac{T_{\text{эт } i}}{T_{\Sigma}} * 100\% \quad (5.4)$$

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

Исходные данные по численности исполнителей и результаты расчёта длительности выполнения этапов сведены в таблицу 5.3, строится план график выполнения НИиОКР.

Таблица 5.3 – Длительность выполнения этапов НИиОКР

| № п/п | Количество исполнителей | | | $t_{ож}$ | $T_{эт}$ | T_{Σ} | $U_{Дэгі}$ | $\Delta, \%$ |
|-------|-------------------------|-------------------|-------|----------|----------|--------------|------------|--------------|
| | Ведущий инженер | Инженер (студент) | Итого | | | | | |
| 1.1 | 1 | 1 | 2 | 2.4 | 1.2 | 8.5 | 0.14 | 14 |
| 1.2 | 1 | 1 | 2 | 1.4 | 0.7 | | 0.80 | 8 |
| 1.3 | 1 | 1 | 2 | 1.4 | 0.7 | | 0.80 | 8 |
| 2.1 | 1 | 1 | 2 | 0.7 | 0.35 | | 0.05 | 5 |
| 2.2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0.5 | | 0.06 | 6 |
| 2.3 | 1 | 1 | 2 | 0.7 | 0.35 | | 0.05 | 5 |
| 3.1 | - | 2 | 2 | 1.4 | 0.7 | | 0.80 | 8 |
| 3.2 | - | 2 | 2 | 1.4 | 0.7 | | 0.80 | 8 |
| 3.3 | 1 | 1 | 2 | 1.4 | 0.7 | | 0.80 | 8 |
| 4.1 | 1 | 1 | 2 | 2.4 | 1.2 | | 0.14 | 14 |
| 4.2 | 1 | 1 | 2 | 1.4 | 0.7 | | 0.80 | 8 |
| 4.3 | 1 | 1 | 2 | 1.4 | 0.7 | | 0.80 | 8 |

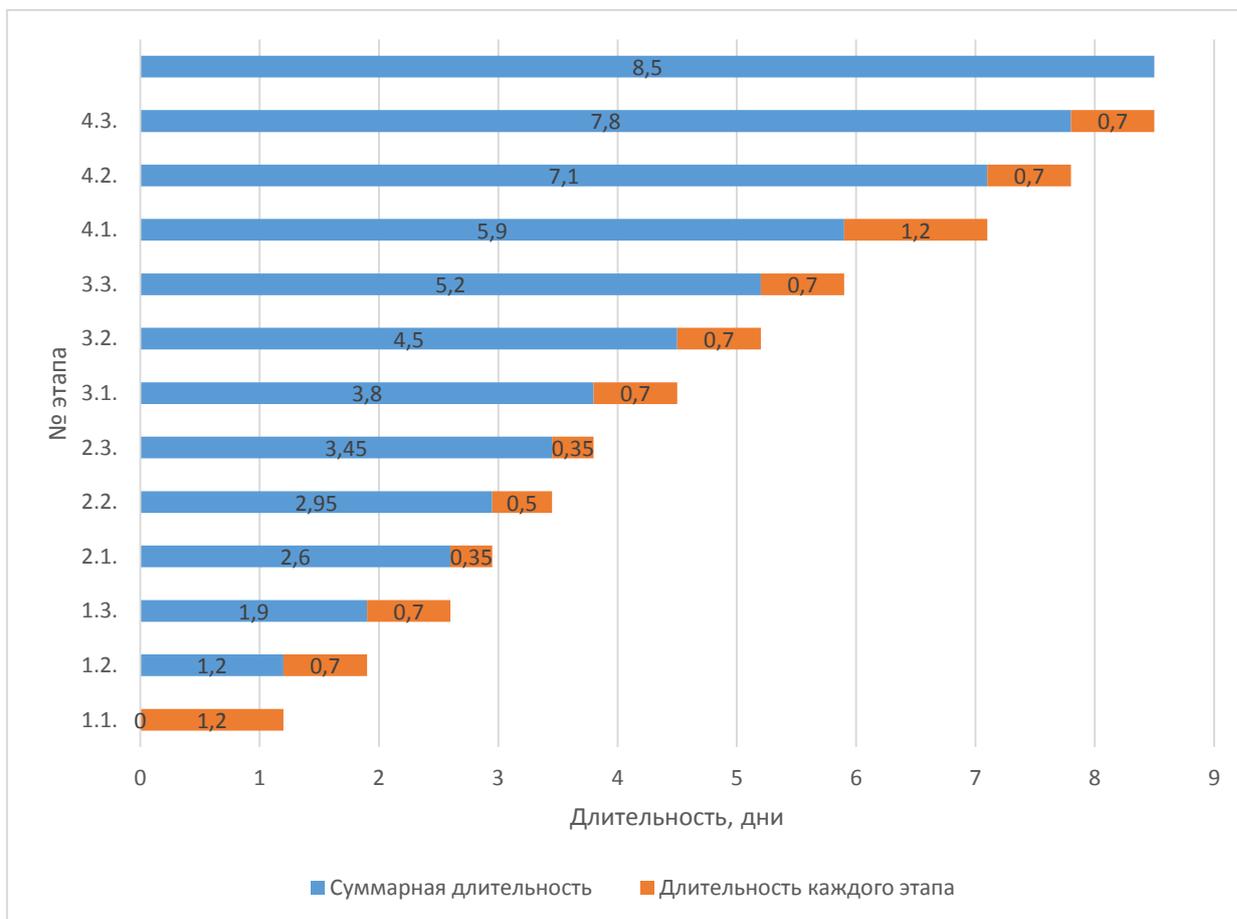


Рисунок 5.1 – План-график длительности этапов НИиОКР

Таблица 5.4 – Табелирование работ НИР

| Этапы | Исполнители | | |
|---------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| | Ведущий инженер | Инженер (студент) | Инженер (студент) |
| 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 | - |
| 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 | - |
| ИТОГО: | 7.1 | 8.5 | 1.4 |

5.2 Расчёт сметы затрат на НИиОКР

5.2.1 Расчёт эффективного годового фонда рабочего времени:

$$F_{\text{эф}} = (365 - \text{П} - \text{В} - \text{Н}) * q - N_{\text{пр}} \quad (5.5)$$

где П – праздничные дни;

В – выходные дни;

Н – количество планируемых невыходов;

q – количество часов в смену;

$N_{\text{пр}}$ – количество нерабочих часов в предпраздничные дни.

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

Расчёт среднего количества рабочих дней в месяц:

$$D = F_{\text{эф}} / 12, \quad (5.6)$$

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

Расчёт времени $i^{\text{ого}}$ исполнителя:

$$K_{\text{исп } i} = F_i / D, \text{ мес.} \quad (5.7)$$

5.2.2 Расчёт заработной платы исполнителей с должностными окладами:

$$Z_{\text{итр}} = K_{\text{исп } i} * O_{\text{кл}} * N \quad (5.8)$$

где $O_{кл}$ – должностной оклад i -го исполнителя, руб.

N – количество исполнителей.

Расчёт заработной платы исполнителей с должностными окладами сведён в таблицу 5.4

Таблица 5.4 – Заработная плата исполнителей с должностными окладами.

| Должность исполнителя | Кол-во исполнителей, чел. | Среднемесячный оклад, руб. | Время работы, месяцы | Заработная плата, руб. |
|-----------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------|------------------------|
| Ведущий инженер | 1 | 19500 | 0,34 | 6630 |
| Инженер (студент) | 1 | 15500 | 0,41 | 6355 |
| Инженер (студент) | 1 | 15500 | 0,07 | 1085 |
| ИТОГО: | | | | 14070 |

5.2.3 Расчёт заработной платы всех исполнителей

$$Z_{исп} = Z_{итр} \quad (5.9)$$

$$Z_{исп} = 14070 \text{ руб.}$$

5.2.4 Расчёт отчислений страховых взносов в ПФР, ФОМС, ФСС

$$C_{с.в.} = Z_{исп} * K_{с.в.} / 100, \text{ руб.} \quad (5.10)$$

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

где $K_{с.в.}$ – коэффициент отчислений в страховые взносы, %.

5.2.5 Расчёт затрат на электроэнергию

$$C_{эл.} = N_y * K_{исп} * K_{загр.} * D_i * n * q * Ц_{эл} \quad (5.11)$$

где N_y - мощность оборудования;

$K_{исп}$ – коэффициент использования;

$K_{загр.}$ – коэффициент загрузки;

D_i – время работы $i^{\text{ого}}$ оборудования;
 n – количество экспериментов.

Расчёт затрат на электроэнергию сведён в таблицу 5.5.

Таблица 5.5 – Затраты на электроэнергию

| Наименование оборудования | N_y , кВт | $K_{\text{загр}}$ | $K_{\text{исп}}$ | D , дни | $\text{Ц}_{\text{эл.}}$, руб. | $\text{С}_{\text{эл.}}$, руб. |
|---------------------------|-------------|-------------------|------------------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|
| ПК | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 2,68 | 2,582 | 10,63 |
| Освещение | 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 |
| ИТОГО: | | | | | | 122,73 |

5.2.6 Расчёт амортизационных отчислений

Затраты на амортизацию определяются только в том случае, если оборудование используется в дальнейшем для других НИиОКР. Если же приобретённое или изготовленное оборудование используется только для данной НИиОКР, то их полная стоимость относится к капитальным затратам и целиком включается в затраты на НИиОКР.

$$C_{\text{ам}} = \frac{C_{\text{об}} * N_{\text{ам}} * \Sigma t_m}{F_{\text{обор}} * 100}, \text{руб.} \quad (5.12)$$

где $F_{\text{обор}}$ – годовое эффективное время работы оборудования, равно:

$N_{\text{ам}}$ – норма амортизационных отчислений;

$K_{\text{загр}}$ – коэффициент загрузки i -го оборудования;

t_m – общее время работы оборудования, равно:

$$F_{\text{обор}} = (365 - \text{П} - \text{В}) * q * n * K_{\text{загр}} \quad (5.13)$$

$$t_m = D_{\text{обор. } i} * q * n * K_{\text{исп.}} \quad (5.14)$$

где $D_{\text{обор. } i}$ – время работы i -го оборудования;

n – количество экспериментов;

$K_{\text{исп}}$ – коэффициент использования i -го оборудования;

$C_{\text{об}}$ – первоначальная стоимость оборудования.

Расчёт затрат на амортизацию сведён в таблицу 5.6

Таблица 5.6 – Величина амортизационных отчислений

| № п/п | Наименование оборудования | $C_{\text{об}}$, Руб. | $K_{\text{загр}}$ | $K_{\text{исп}}$ | $N_{\text{ам}}$ | Σt_M , Час. | $F_{\text{обор}}$, Час. | $C_{\text{ам}}$, Руб. |
|---------------|--|------------------------|-------------------|------------------|-----------------|---------------------|--------------------------|------------------------|
| 1 | ПК | 30000 | 0,6 | 0,8 | 0,2 | 17,2 | 1229 | 84,00 |
| 2 | Стенд для измерения площади пятна контакта | 17000 | | | 0,5 | 4,5 | | 32,00 |
| 3 | Стенд для определения коэффициента сцепления | 17000 | | | 0,5 | 4,5 | | 32,00 |
| 4 | Осциллограф | 30000 | | | 0,2 | 4,5 | | 23,00 |
| ИТОГО: | | | | | | | | 171,00 |

5.2.7 Расчёт накладных расходов

$$C_{\text{накл}} = Z_{\text{исп}} * K_{\text{накл}} / 100, \text{ руб.} \quad (5.15)$$

где $K_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов, %

$Z_{\text{исп}}$ – заработная плата исполнителей.

$$C_{\text{накл}} = 14070 * 35 / 100 = 4925, \text{ руб.}$$

5.2.8 Расчёт затрат на покупные детали и материалы с учётом транспортно-заготовительных расходов

$$\Sigma M = \Sigma C_{M_i} * B_{M_i} + (K_{\text{тзр}} / 100), \text{ руб.} \quad (5.16)$$

где C_{Mi} – оптовая цена материала i -го вида, руб.,
 V_{Mi} – количество покупных изделий i -го вида, шт.,
 $K_{\text{тзр}}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов, %, $K_{\text{тзр}}=1,45\%$ от M .

Расчёт затрат на покупные детали и материалы сведён в таблицу 5.7.

Таблица 5.7 – Затраты на покупные детали и материалы.

| № п/п | Наименование | Тип | Кол-во V_{Mi} , шт. | C_{Mi} , руб. | Сумма S_{Mi} , руб. |
|---------------|-----------------|----------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|
| 1 | Файл прозрачный | A4 | 9 | 5 | 45 |
| 2 | Фломастер | чёрный | 1 | 53 | 53 |
| 3 | Манометр | гидравлический | 1 | 1100 | 1100 |
| 4 | Колесо в сборе | 175/65 R14 | 1 | 2500 | 2500 |
| 5 | Компрессор | автомобильный | 1 | 1500 | 1500 |
| ИТОГО: | | | | | 5198 |

Капитальные вложения в данной НИиОКР не запланировано.

В таблице 5.8 сведены результаты расчётов сметы затрат на НИиОКР, на основании проведённых расчётов.

Также при составлении сметы затрат на НИиОКР мы должны учитывать стоимость стендов, которая составила:

$$C_{\text{стен}} = C_{\text{стен1}} + C_{\text{стен2}} \quad (5.17)$$

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

Таблица 5.8 – Смета затрат на выполнение НИиОКР.

| № п/п | Статьи | Обозначение | Сумма, руб. |
|-----------------|---------------------------------------|-------------------|-------------|
| Текущие затраты | | | |
| 1 | Материальные затраты, в т.ч.: | | |
| | - покупные материалы, комплектующие | M_i | 5198,00 |
| | - энергоносители | $C_{\text{элек}}$ | 122,73 |
| 2 | Фонд оплаты труда | $Z_{\text{исп}}$ | 14070,00 |
| 3 | Отчисления на единый социальный налог | $C_{\text{с.в.}}$ | 4221,00 |

| | | | |
|-------------------------|----------------------------------|--------------|----------|
| 4 | Амортизационные отчисления | $C_{ам}$ | 171,00 |
| 5 | Накладные расходы | $C_{накл}$ | 4925,00 |
| ИТОГО: | | | 28707,73 |
| 6 | Первоначальная стоимость стендов | $C_{стен}$ | 34000 |
| ИТОГО: | | | 34000 |
| ВСЕГО затрат на НИиОКР: | | $C_{НИиОКР}$ | 62707,73 |

5.3 Экономическая эффективность НИиОКР

Актуальный чистый доход:

$$ЧД = C_{аналог} - C_{пред} = 3067000 - 62707,73 = 3004292,27 \quad (5.18)$$

где $C_{аналог} = 3067000$ – затраты на испытание с помощью упрощенного измерительного комплекса TireScan, используемого на промышленных предприятиях.

Капиталообразующие инвестиции:

$$J_o = C_{пред} = 62707,73 \text{ руб.} \quad (5.19)$$

Индекс доходности:

$$JD = \frac{ЧД}{J_o} = \frac{3004292,27}{62707,73} = 47,91 \quad (5.20)$$

Период срока окупаемости проекта:

$$T_{окуп} = \frac{J_o}{ЧД} = \frac{62707,73}{3004292,27} = 0,02 \quad (5.21)$$

В таблице 5.9 приведена коммерческая эффективность проекта.

Таблица 5.9 – Коммерческая эффективность проекта.

| | | |
|-------------------------|----|------------|
| Актуальный чистый доход | ЧД | 3004292,27 |
|-------------------------|----|------------|

| | | |
|----------------------------------|------------|----------|
| Капиталообразующие инвестиции | J_o | 62707,73 |
| Индекс доходности | JD | 47,91 |
| Период срока окупаемости проекта | $T_{окуп}$ | 0,02 |

5.3.1 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 ($C_{пред} < C_{аналог}$).

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 поперечной 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».

6 Безопасность и экологичность объекта

6.1 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 поперечной 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 поперечной плоскости влияет на угол увода, который имеет фундаментальное значение в поведении автомобиля при повороте, коэффициент сцепления в поперечной 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.

В данной работе проводились исследования на стендах, которые позволили изучить влияние площади пятна контакта с опорной поверхностью на коэффициент сцепления в поперечной плоскости. Рамы стендов изготовлены из стального проката квадратного сечения и стальных уголков. На раме одного из стендов закрепляется гидравлический домкрат, нагрузочная рама с установленным на ней колесом, 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 работы;
- точность снимаемых показателей.

6.1.1 Технологическая процедура выполнения исследования на стендах

Для проведения исследований необходимо 2 человека. Во-первых, на стенде для определения площади пятна контакта, определяются площадь пятна контакта, для этого находится величина вертикальной нагрузки, которой будет подвергнуто исследуемое колесо. Домкратом создаётся определённое усилие на опору оси, передающей нагрузку на ось ступицы, которая создаёт усилие на колесе. Значение нагрузки определяется по гидравлическому манометру. На опорную поверхность, которой является стекло, крепится файл, на котором обводится контур пятна контакта, затем рассчитывается его площадь, по формулам, зависящим от формы отпечатка. Во-вторых, на стенде для определения коэффициента сцепления, определяется коэффициент сцепления в поперечной плоскости, для этого находится величина вертикальной нагрузки, которой будет подвергнуто исследуемое колесо. Рукояткой поворотного винта создаётся определённое усилие на колесе. Значение нагрузки определяется по осциллографу. Затем рукояткой механического домкрата создаётся усилие в поперечной 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.

Таблица 6.1 – Технологический паспорт технического объекта

| № п/п | Технологический процесс | Технологическая операция, вид выполняемых работ | Наименование должности работника | Оборудование, техническое устройство, приспособление | Материалы, инструмент, вещества |
|-------|--|---|----------------------------------|--|---------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 2 | Исследование влияния вертикальной нагрузки на колесо, на площадь пятна контакта | Установка исследуемого колеса на стенд | Инженер без категории | Стенд для исследования влияния нагрузки на величину пятна контакта шины с опорной поверхностью | Ключ баллонный |
| | | Затяжка крепёжных болтов колеса | | | |
| | | Проведение испытаний | | | |
| | | Запись показаний и дальнейшая их обработка | | | |
| 3 | Исследование влияния вертикальной нагрузки на коэффициент сцепления в поперечной плоскости | Установка исследуемого колеса на стенд | Инженер без категории | Стенд для исследования влияния вертикальной нагрузки на коэффициент сцепления в поперечной плоскости | Ключ баллонный |
| | | Затяжка крепёжных болтов колеса | | | |
| | | Проведение испытаний | | | |
| | | Запись показаний и дальнейшая их обработка | | | |

6.2 Идентификация профессиональных рисков

При выполнении опытов инженеры пользуются различными инструментами, механизмами и материалами. Для определения безопасности условий труда на рабочем месте применительно к данной работе необходимо

выявить наличие опасных и вредных производственных факторов, а также источники их возникновения.

В таблице 6.2 представлены опасные производственные факторы и их источники.

Таблица 6.2 – Идентификация профессиональных рисков

| Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ | Опасный и/или вредный производственный фактор | Источник опасного и/или вредного производственного фактора |
|---|--|--|
| Установка исследуемого колеса на стенд | <p>К опасным физическим факторам относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> - незащищённые подвижные элементы производственного оборудования. <p>К вредным физическим факторам относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> - недостаточная освещённость рабочего места. | <ul style="list-style-type: none"> - подвижная рама, перемещающаяся с помощью четырёх телескопических направляющих; - колесо, закреплённое на ступице. |
| Затяжка крепёжных болтов | <p>К опасным физическим факторам относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> - незащищённые подвижные элементы производственного оборудования. <p>К вредным физическим факторам относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> - недостаточная освещённость рабочего места. | <ul style="list-style-type: none"> - колесо, закреплённое на ступице. |
| Подключение осциллографа к сети электропитания | <p>К опасным физическим факторам относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> - повышенное значение напряжения в электрической цепи. <p>К вредным физическим факторам относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> - недостаточная освещённость рабочего места. | <ul style="list-style-type: none"> - сеть электропитания; - проводники тока. |

| | | |
|--|---|---|
| <p>Проведение испытаний на стенде для исследования влияния нагрузки на величину пятна контакта шины с опорной поверхностью</p> | <p>К опасным физическим факторам относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> - незащищённые подвижные элементы производственного оборудования; - отлетающие части используемого инструмента и оборудования. <p>К вредным физическим факторам относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> - недостаточная освещённость рабочего места. <p>К психофизиологическим опасным и вредным производственным факторам относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> - перенапряжение анализаторов зрения. | <ul style="list-style-type: none"> - подвижная рама, перемещающаяся с помощью четырёх телескопических направляющих; - колесо, закреплённое на ступице; - гидравлический домкрат, нагружающий колесо; |
|--|---|---|

Продолжение таблицы 6.2

| | | |
|--|---|---|
| <p>Проведение испытаний на стенде для исследования влияния вертикальной нагрузки на коэффициент сцепления в поперечной плоскости</p> | <p>К опасным физическим факторам относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> - незащищённые подвижные элементы производственного оборудования; - отлетающие части используемого инструмента и оборудования. <p>К вредным физическим факторам относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> - недостаточная освещённость рабочего места. <p>К психофизиологическим опасным и вредным производственным факторам относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> - перенапряжение анализаторов зрения. | <ul style="list-style-type: none"> - подвижная опорная плита; - колесо, закреплённое на ступице; - механический пресс. |
| <p>Обработка полученных данных</p> | <p>К вредным физическим факторам относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> - недостаточная освещённость рабочего места; - электромагнитное и инфракрасное излучения. - риск поражения электрическим током. <p>К психофизиологическим опасным и вредным производственным факторам относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> - умственное перенапряжение; - перенапряжение анализаторов зрения; - нервно-эмоциональное | <ul style="list-style-type: none"> - персональный компьютер. |

| | | |
|--|-------------|--|
| | напряжение. | |
|--|-------------|--|

6.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Для обеспечения профилактических мер по сокращению производственного травматизма и профессиональных заболеваний необходимо проводить инструктаж работников по технике безопасности, пожаробезопасности, производственной санитарии, электробезопасности в зависимости от вида и специфики работ.

Ознакомление сотрудников с имеющимися опасными и вредными производственными факторами, технической и эксплуатационной документацией, доведение требований охраны труда, а также применение безопасных методов и 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 обязан выдать работникам сертифицированные средства индивидуальной защиты, которые должны соответствовать их росту, полу, размерам, а также условиям и характеру работ.

Методы и средства снижения профессиональных рисков представлены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Методы и средства снижения профессиональных рисков.

| Опасный и/или вредный производственный фактор | Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора | Средства индивидуальной защиты работника |
|--|--|--|
| Незащищённые подвижные элементы производственного оборудования | <ul style="list-style-type: none"> - соблюдение безопасной дистанции от подвижных элементов машинного оборудования, - соблюдение правил ношения СИЗ: работать в перчатках, облегающих руку; - назначение лиц ответственных за соблюдение требований безопасности. | <ul style="list-style-type: none"> - специализированная обувь и одежда; - перчатки. |
| Отлетающие части используемого инструмента и оборудования | <ul style="list-style-type: none"> - установка защитных ограждений и кожухов; - соблюдение правил ношения СИЗ: перед началом работы рабочая одежда приводится в надлежащий вид. | <ul style="list-style-type: none"> - специализированная обувь и одежда; - противоударные очки. |

| | | |
|---|---|---------------------------------------|
| Недостаточная освещённость рабочего места | <ul style="list-style-type: none"> - приведение искусственного освещения к нормам и правилам регламентирующих наименьшую допустимую освещённость рабочих мест, а естественный и совмещённый свет должен соответствовать коэффициенту естественной освещённости (КЕО). - своевременная замена перегоревших ламп; - установка дополнительных источников света, или их демонтаж; - оборудование оконных проёмов регулируемыми устройствами типа: жалюзи; - ориентация дисплеев боковой стороной к световым проёмам; - правильное расположение рабочих мест относительно источников искусственного света; - проведение чисток окон и светильников. | -искусственные осветительные приборы. |
|---|---|---------------------------------------|

Продолжение таблицы 6.3

| | | |
|--|--|---|
| Перенапряжение анализаторов зрения, умственное перенапряжение | <ul style="list-style-type: none"> - организация перерывов длительностью 10-15 минут каждые 45-60 минут. Во время перерыва работникам следует делать разминку для глаз и лёгкие физические упражнения; - требование соблюдения норм СанПиН при работе на ПК; - соответствие рабочего места нормам эргономики. | - очки со специальным покрытием для работы на ПК. |
| Электромагнитное и инфракрасное излучения | <ul style="list-style-type: none"> - организация перерывов длительностью 10-15 минут каждые 45-60 минут. Во время перерыва работникам следует делать разминку для глаз и лёгкие физические упражнения; - требование соблюдения норм СанПиН при работе на ПК. | - очки со специальным покрытием для работы на ПК. |
| Повышенное значение напряжения в электрической цепи; Риск поражения | <ul style="list-style-type: none"> - назначение лиц ответственных за соблюдение требований безопасности; - заземление оборудования; | |

| | | |
|----------------------------------|--|--|
| электрическим током. | <ul style="list-style-type: none"> - установка защитных кожухов и коробов; - проведение инструктажа по электробезопасности; - проведение осмотра технического состояния и исправности электросети, проводников и электрооборудования. | |
| Нервно-эмоциональное напряжение. | <ul style="list-style-type: none"> - обеспечение оптимальных параметров микроклимата; - проведение ежедневной влажной уборки; - организация систематического проветривания после каждого часа работы. | |

6.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Рабочему участку, на котором проводится опыт, присваивается категория «А» - пожары, связанные с горением твёрдых горючих веществ и конструкционных материалов, так как при проведении опыта используется резинометаллическое изделие – крышка, а также категория «Е» - пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением, так как в работе используется электрооборудование – осциллограф, а для обработки данных – персональный компьютер.

Помещение оборудовано противопожарной сигнализацией, извещающей органы пожарной охраны о возгорании. Все двери должны иметь свободный доступ и открываться по направлению эвакуационного выхода. Категорически запрещается загромождать проходы и эвакуационные выходы.

Все сотрудники обязаны проходить обучение и инструктажи по пожарной безопасности. Первичными средствами пожаротушения являются огнетушители. Для данного технического процесса используется 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 представлена в таблице 6.4, технические средства обеспечения пожарной безопасности представлены в таблице 6.5, а организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности представлены в таблице 6.6.

Таблица 6.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

| № п/п | Участок, подразделение | Оборудование | Класс пожара | Опасные факторы пожара | Сопутствующие проявления факторов пожара |
|-------|------------------------|--|--------------|--|--|
| 1 | Лаборатория | - Стенд для исследования влияния нагрузки на величину пятна контакта шины с опорной поверхностью; - Стенд для исследования влияния вертикальной нагрузки на коэффициент сцепления в поперечной плоскости; - Осциллограф -ПК. | A,F | - Пламя и искры; - Тепловой поток - Повышенная температура окружающей среды; - Снижение видимости в дыму. | - Образующиеся в процессе пожара осколочные фрагменты; - Выделяющиеся токсичные вещества и продукты горения; - Риск поражения электрическим током. |

Таблица 6.5 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

| Первичные средства пожаротушения | Мобильные средства пожаротушения | Стационарные установки системы пожаротушения | Средства пожарной автоматики | Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре | Пожарные сигнализация, связь и оповещение |
|----------------------------------|----------------------------------|--|------------------------------|--|---|
| Огнетушитель – ОП-8 | Пожарные машины | Водяные, пенные системы | Технические средства | Фильтрующий самоспа- | Ручной, тепловой |

| | | | | | |
|--|--|---------------|------------------------------------|--------|---------------------|
| | | пожаротушения | оповещения и управления эвакуацией | сатель | пожарный извещатель |
|--|--|---------------|------------------------------------|--------|---------------------|

Таблица 6.6 – Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

| Наименование технологического процесса | Наименование видов реализуемых организационных мероприятий | Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Проведение опытов на стендах; - Обработка полученных данных. | Назначение должностных лиц ответственных за пожарную безопасность на объекте. | <ul style="list-style-type: none"> - Своевременность выполнения требований пожарной безопасности; - Создание и содержание в соответствии установленного порядка технические средства противопожарной защиты. |
| | Организация противопожарного режима | <ul style="list-style-type: none"> - Организация и оборудование мест для курения и применения открытого огня; - Установление правил проезда и стоянки транспортных средств; - Установление порядка обесточивания электрооборудования в случае пожара; - Создание инструкции по действиям работников при обнаружении очага возгорания; - Установить порядок проведения осмотров и ремонтов пожароопасного оборудования. |
| | Инструктирование работников по правилам пожарной безопасности | <ul style="list-style-type: none"> - Установить порядок и сроки инструктажа по пожарной безопасности. |

6.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

При идентификации исследуемого технического объекта не выявлено негативных экологических факторов. Вредные вещества, влияющие на здоровье и трудоспособность человека, отсутствуют. Благоприятно отразится на окружающей среде правильная утилизация автомобильных шин, применяемых в данной работе.

Организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду приведены в таблице 6.7.

Таблица – 6.7 Организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду.

| Наименование технического объекта | Стенды для исследования влияния вертикальной нагрузки на колесо |
|--|--|
| Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу | Исследования влияния площади пятна контакта шины на коэффициент сцепления в поперечной плоскости, позволяет подобрать оптимальные характеристики шины, что благоприятно скажется на расходе топлива. Обеспечение топливной экономичности автомобиля влечёт за собой уменьшение токсичных выбросов в виде CO ₂ и NO _x . |
| Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу | |
| Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу | |

6.6 Вывод

В пределах раздела «Безопасность и экологичность объекта» были обнаружены опасные и вредные производственные факторы. Приведены виды выполняемых работ и используемое оборудование. Осуществлена идентификация возникающих профессиональных рисков производственно-технологического процесса и технологических операций. Были выявлены следующие опасные и вредные производственные факторы: незащищённые подвижные элементы производственного оборудования, недостаточная освещённость рабочего места, перенапряжение анализаторов зрения, умственное перенапряжение, риск поражения электрическим током, нервно-эмоциональное напряжение. Было проанализировано обеспечение пожарной безопасности технического объекта, опасные факторы и класс пожароопасности. Составлен перечень противопожарных технических средств. Разработаны организационно-технические мероприятия по снижению профессиональных рисков. Подобраны технически обоснованные средства индивидуальной защиты для сотрудников. Проанализирована экологическая безопасность технического объекта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе были проведены исследования по определению влияния площади пятна контакта шины с опорной поверхностью на коэффициент сцепления в поперечной плоскости. В процессе работы построены графики и выполнен анализ полученных данных. В экономической части посчитаны затраты на проведение НИиОКР и составлен план проведения исследований, на основе которого был построен график длительности этапов. В результате проделанной работы очевидно, что использование стенда экономически выгоднее, чем исследования с помощью упрощенного измерительного комплекса TireScan, используемого на промышленных предприятиях. Так же были разработаны организационно-технические мероприятия для снижения профессиональных рисков, подобраны конкретные, технически обоснованные средства индивидуальной защиты для работников, осуществляющих производственно-технологический процесс и проведен анализ экологической безопасности технического объекта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Соломатин, Н.С. Испытания узлов, агрегатов и систем автомобиля : учебное пособие / Н.С. Соломатин. – Тольятти : ТГУ, 2013. – 140 с. [1] : ил.-Библиогр: с. 110-112.
2. Haney, Paul. The racing and high-performance tire / Paul Haney. – TV MOTORSPORT : Springfield, 2003. – 285 p. [2]. – ISBN 0-9646414-2-9.
3. Кравец, В.Н. Теория автомобиля: учебное пособие/ В.Н. Кравец. - Нижний Новгород : НГТУ, 2007. – 368 с. [3], [4] : ил.-Библиогр: с. 60-114.
4. Кнороз, В.И. Шины и колёса / В.И. Кнороз, Е.В. Кленников. – Москва : Машиностроение, 1975. – 184 с. [5] : ил.-Библиогр: с. 67-82.
5. Кнороз, В.И. Работа автомобильной шины / В.И. Кнороз. - М. : Транспорт, 1976. – 238 с. [6] : ил.-Библиогр: с. 60-71.
6. Clark, Samuel. Mechanics of pneumatic tires / Samuel Clark. – Ann Arbor, Michigan 48109 : University of Michigan, 1981. – 931 p. [7].
7. Milliken, W. F. Race Car Vehicle Dynamics / Premiere Series / R: Society of Automotive Engineers, Том 146 / W. F. Milliken, D. L. Milliken : SAE International, 1995. – 890 p. [8], [9], [10]. – ISBN 1560915269, 9781560915263.
8. Лата, В.Н. Основы моделирования управляемого движения автомобиля : учебное пособие / В.Н. Лата. - Тольятти : ТГУ, 2012. – 60 с. [11] : ил.-Библиогр.: с.10-21.
9. Черепанов, Л.А. Расчёт тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля : учебное пособие / Л.А. Черепанов.- Тольятти : ТГУ, 2001. – 40с.
10. Исаев, Е.У. Проектирование автомобиля : учеб. пособие / Е.У.

Исаев [и др.]. – Тольятти : ТГУ, 2013. – 260 с. : пер.

11. Горина, Л.Н. Безопасность и экологичность технического объекта : уч.-методическое пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина . - Тольятти: ТГУ, 2016. – 51 с.

12. Капрова, В.Г. Методические указания по технико-экономическому обоснованию дипломного проекта конструкторского и исследовательского направлений / В.Г. Капрова. – Тольятти: ТГУ, 2017. – 50 с.

13. Денисов, А.Ю. Экономическое управление предприятием и корпорацией / А.Ю. Денисов, С. А. Жданов. – М. : Дело и Сервис, 2002. – 416 с.

14. Балдин К. В. Управление рисками [Электронный ресурс] : учеб. пособие / К. В. Балдин, С. Н. Воробьев. - Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2012. - 511 с. - ISBN 5-238-00861-9.

15. Кравец, В.Н. Проектирование автомобиля : учеб. пособие / В.Н. Кравец. – 2-е изд., перераб. и доп. – Н. Новгород : Нижегород. политехн. ин-т, 1992. – 230 с.

16. Безверхий, С.Ф. Основы технологии полигонных испытаний и сертификация автомобилей / С.Ф. Безверхий, Н.Н. Яценко. – М. : Издательство стандартов, 1996. – 600 с.

17. Смирнов, Г.А. Теория движения колесных машин : учеб. для студентов машиностроит. спец. вузов / Г.А. Смирнов. – 2-е изд., доп. и перераб. – М. : Машиностроение, 1990.– 177 с.

18. Эллис, Д.Р. Управляемость автомобиля : пер. с англ. / Д.Р. Эллис. – М. : Машиностроение, 1975. – 216 с.

19. ISO-7401-2003. Road vehicles. Lateral transient response test methods. Open-loop test methods.

20. Pacejka, H.B. Tyre and Vehicle Dynamics / H.B. Pacejka. – Elsevier Science & Technology, 2005. – 631 p.

21. Weir, D.H. The Application of Handling Requirements to an RSV-

Type Vehicle / D.H. Weir, J.W. Zellner. – SAE paper № 770178, 1977.

22. Gillespie Thomas, D. Fundamentals of Vehicle Dynamics / T.D. Gillespie. – Society of Automotive Engineers, Inc. 400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA 15096-0001.

23. ГОСТ 17697-72. Автомобили. Качение колеса. Термины и определения. – Введ. 1973-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 1972. – 24 с.

24. ГОСТ Р 52302-2004. Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний. – Введ. 2006-01-01. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 2005. – 27 с.

25. Кравец, В.Н. Законодательные и потребительские требования к автомобилям : учеб. пособие / В.Н. Кравец, Е.В. Горынин. – Н. Новгород : Нижегород. политехн. ин-т, 2000. – 400 с.

26. Путин В. А. Автомобильные колеса с регулируемым давлением воздуха в шинах : учеб. пособие. Ч. 1 / В. А. Путин. - Челябинск : ЧПИ, 1974. - 96 с.

27. Запорожцев А. В. Износ шин и работа автомобиля / А. В. Запорожцев, Е. В. Кленников. - Москва : Науч.-исслед. ин-т информации автомоб. пром-сти, 1971. - 52 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Графики тягового расчета

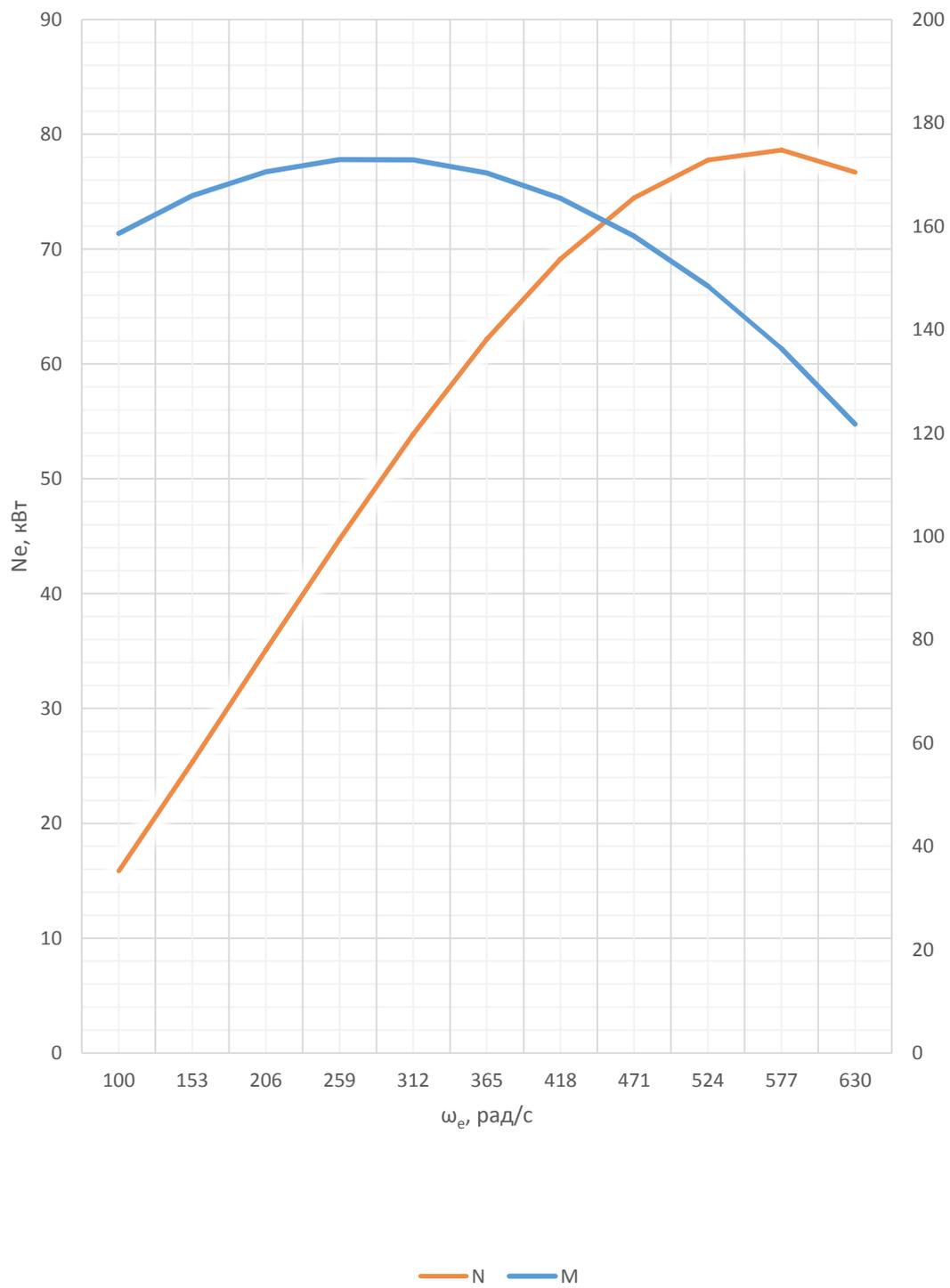


Рисунок А1 – Внешняя скоростная характеристика

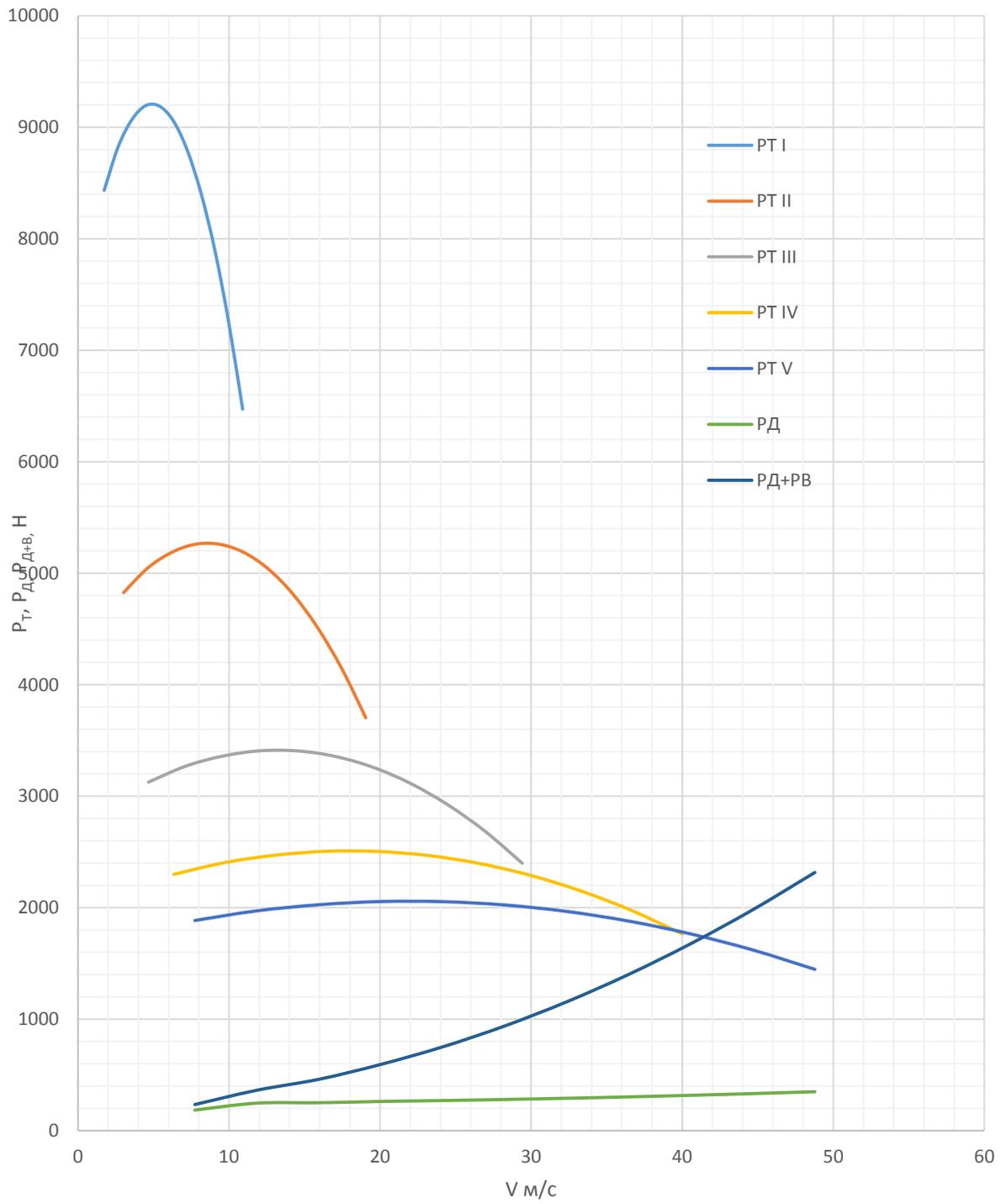


Рисунок А2 – Тяговый баланс автомобиля

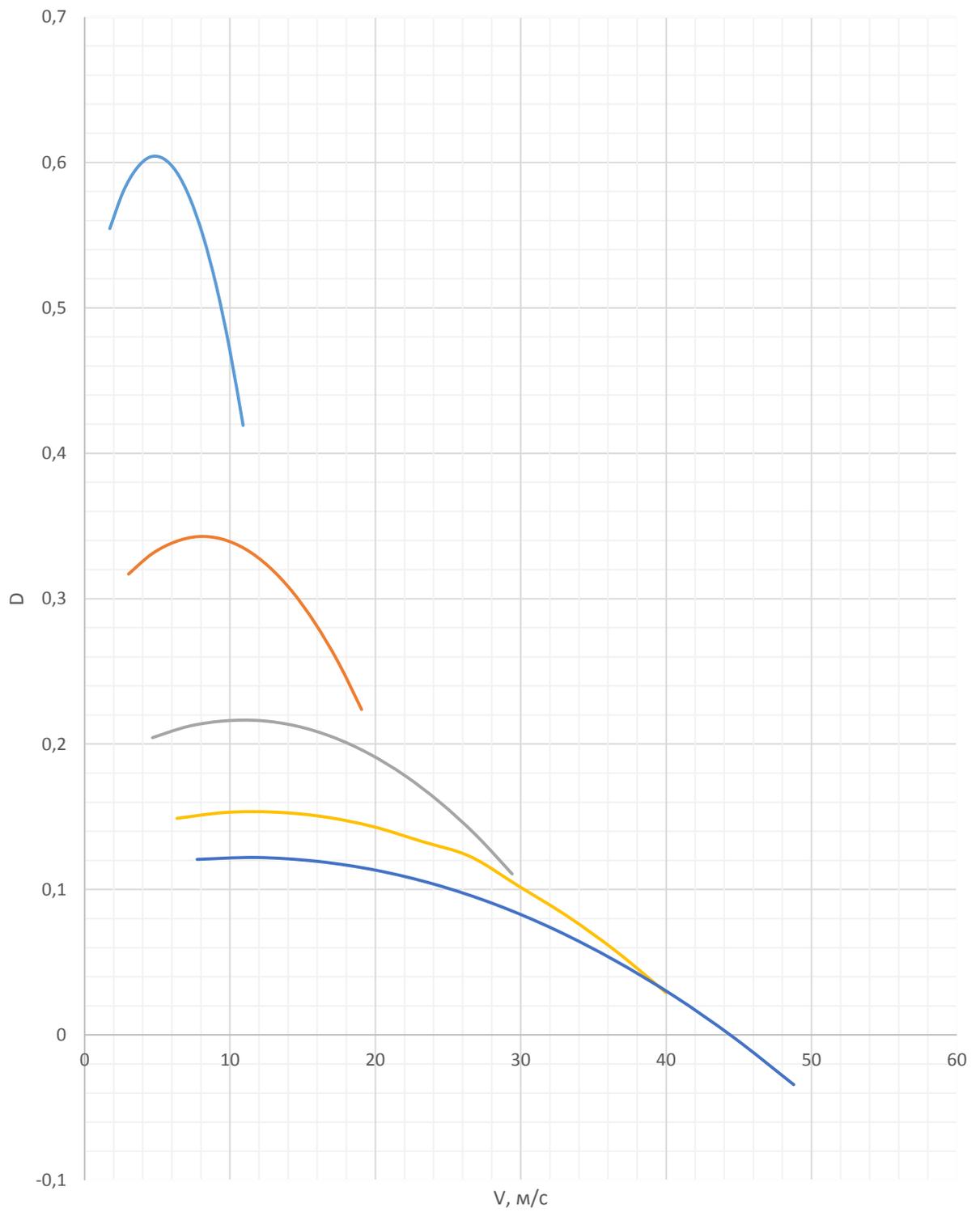


Рисунок А3 – Динамическая характеристика

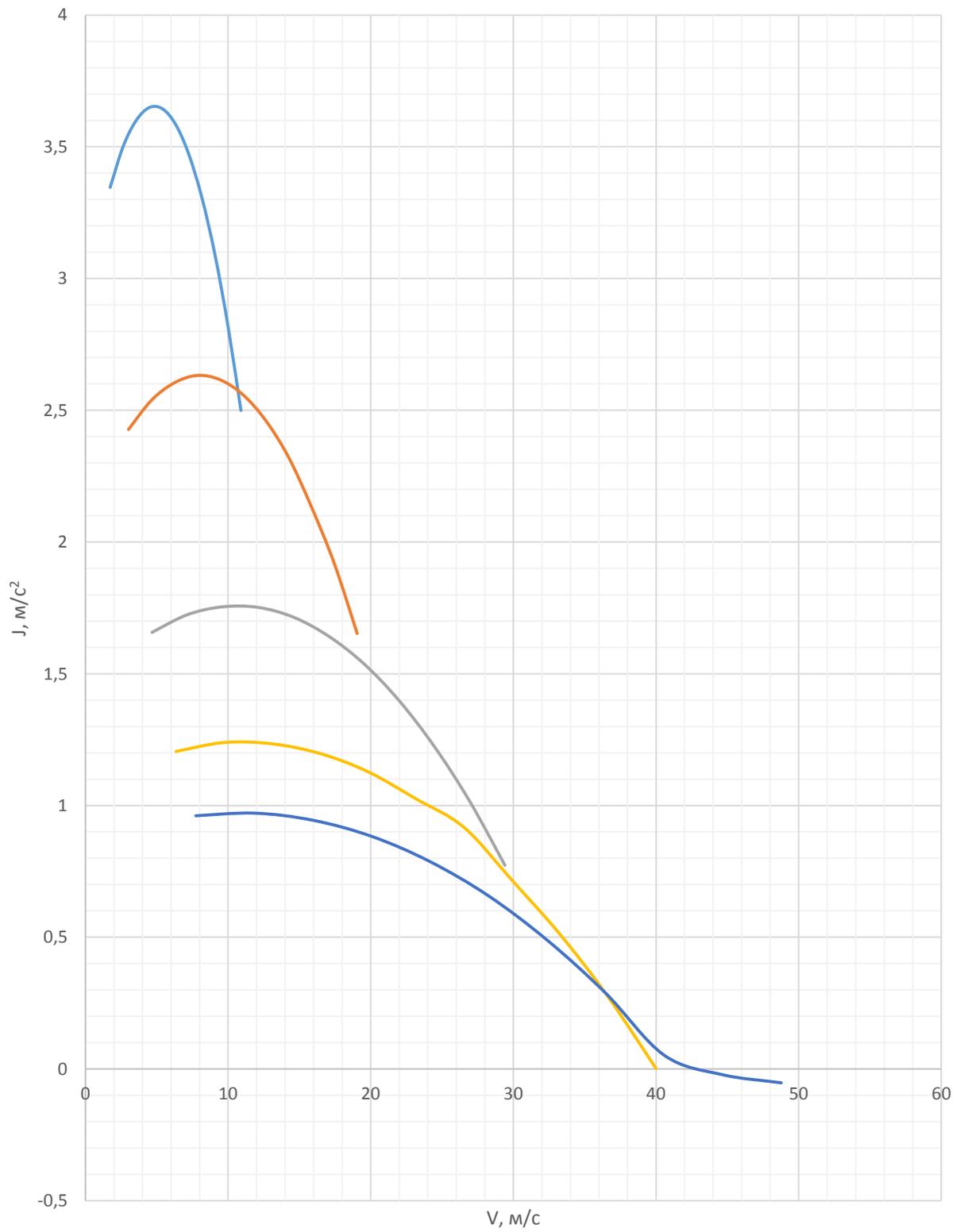


Рисунок А4 – Ускорения автомобиля

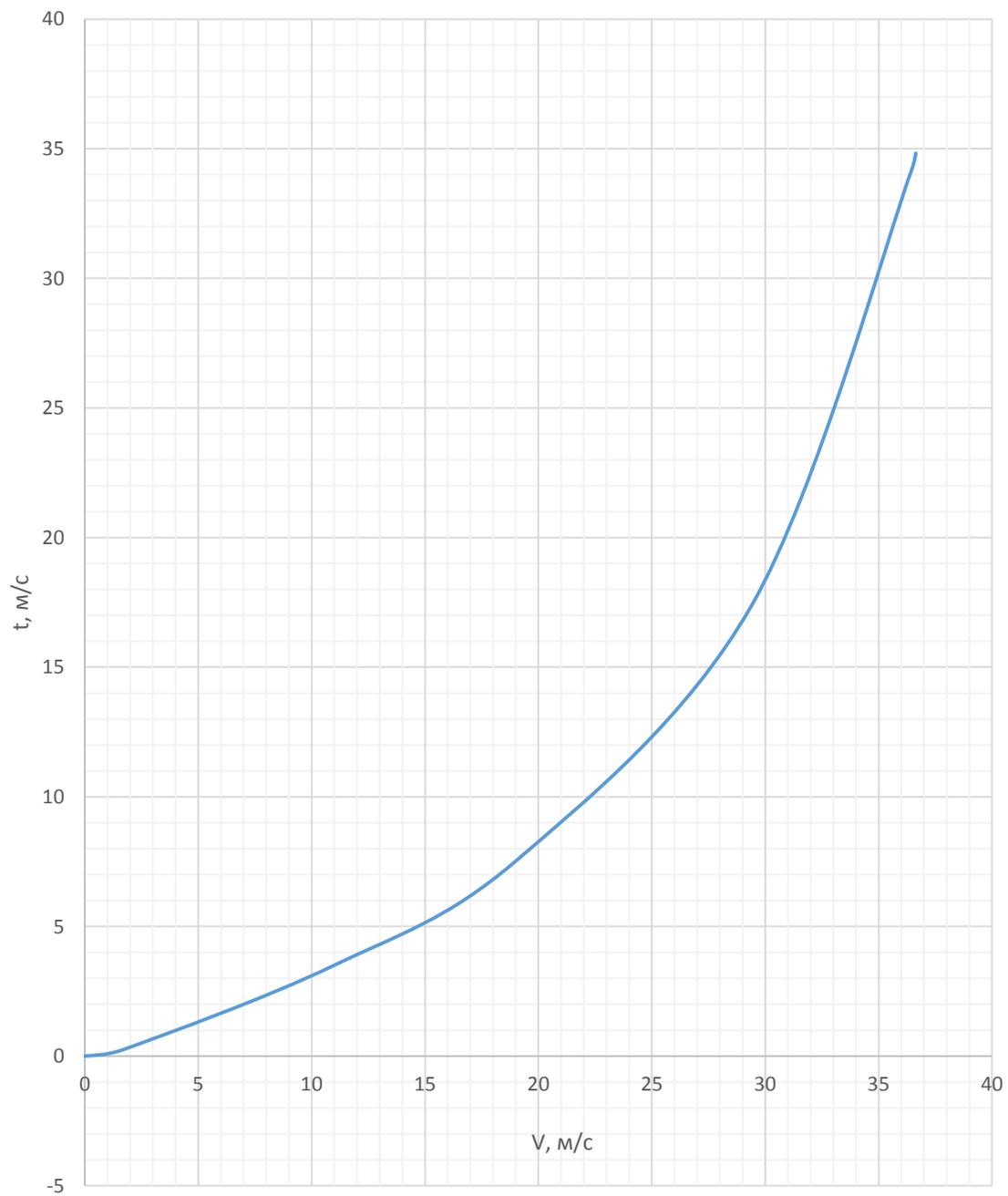


Рисунок А5 – Время разгона автомобиля

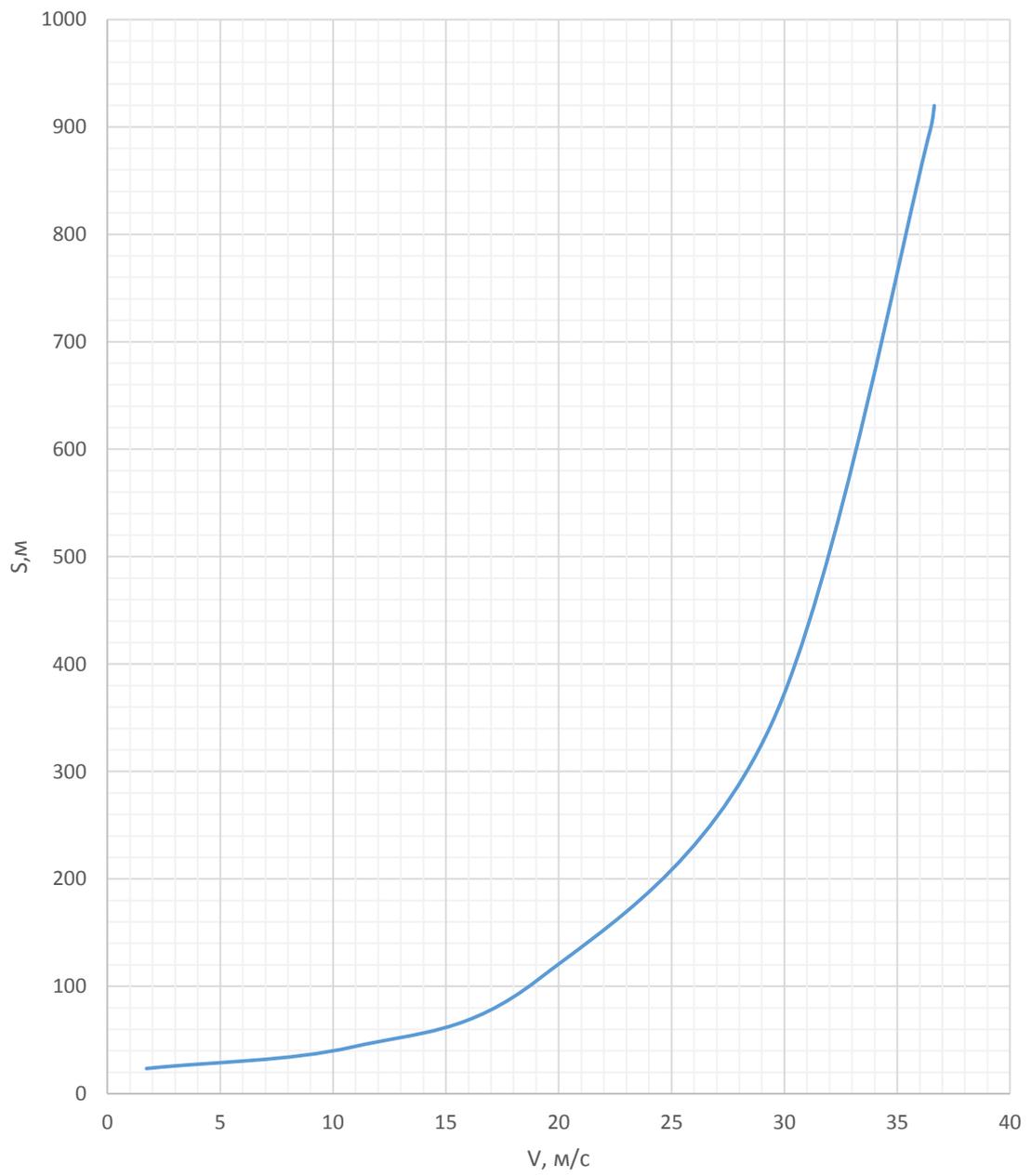


Рисунок А6 – Путь разгона автомобиля

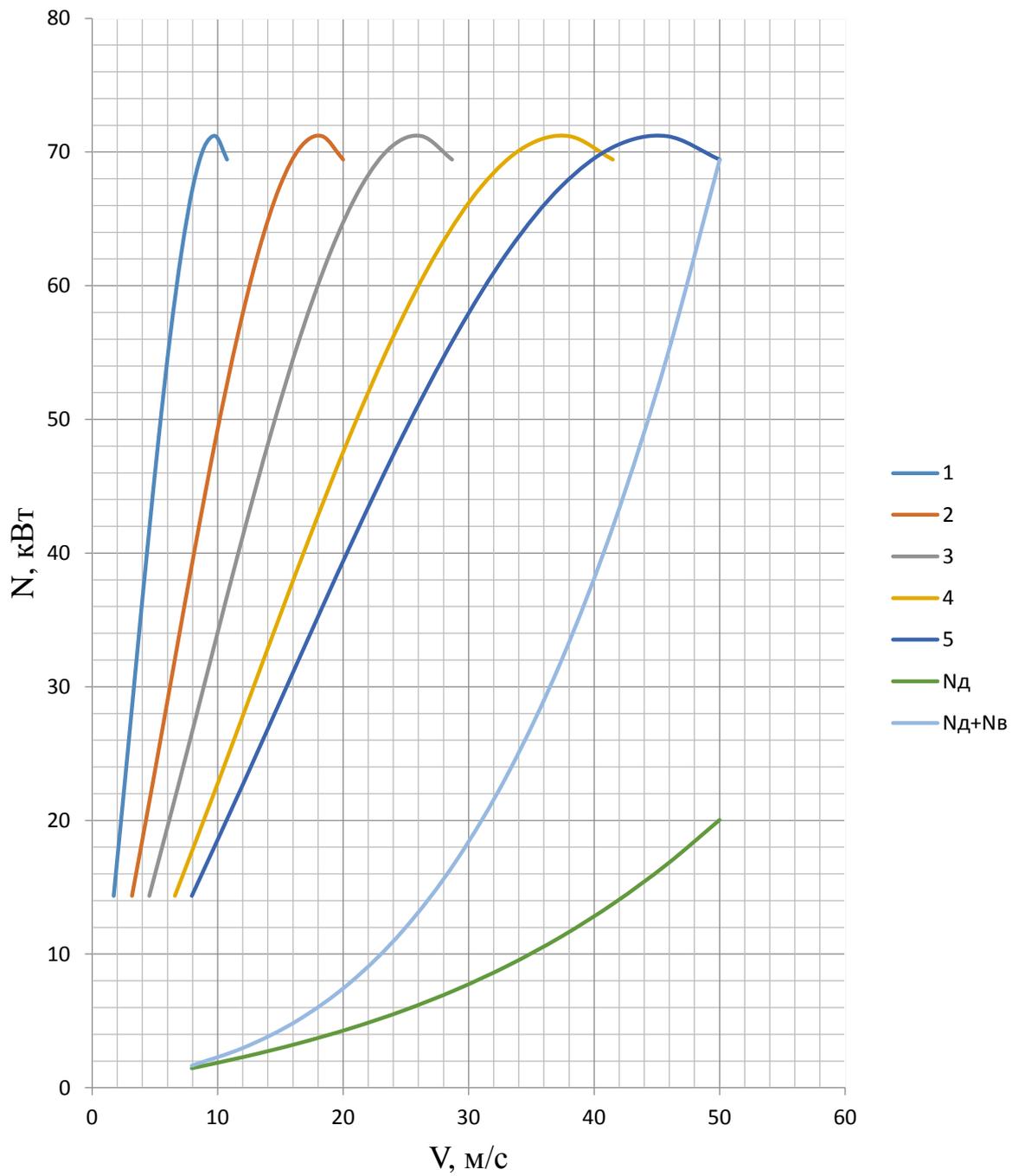


Рисунок А7 – Мощностной баланс

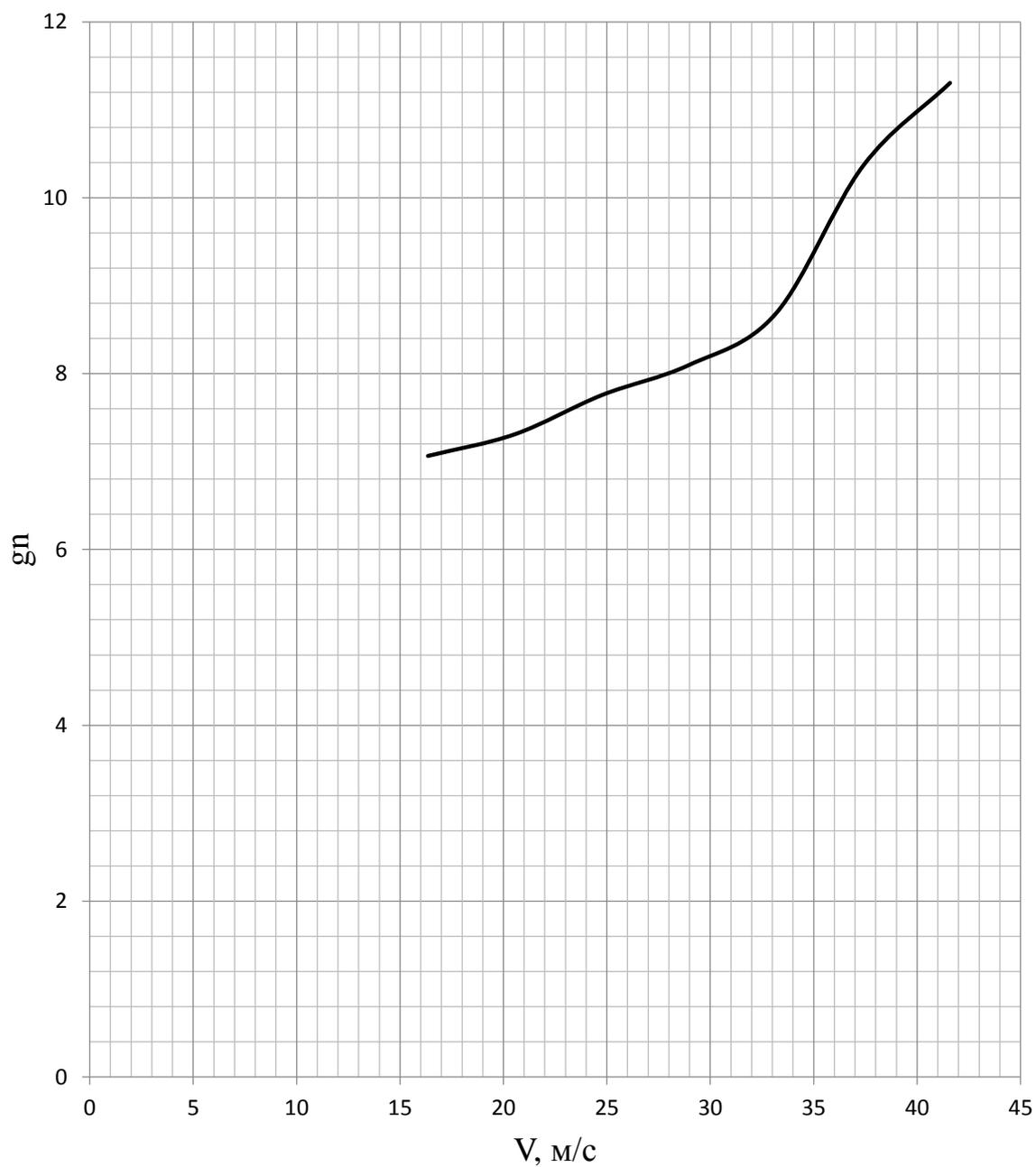


Рисунок А8 – Топливо-экономическая характеристика

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Отпечатки шин

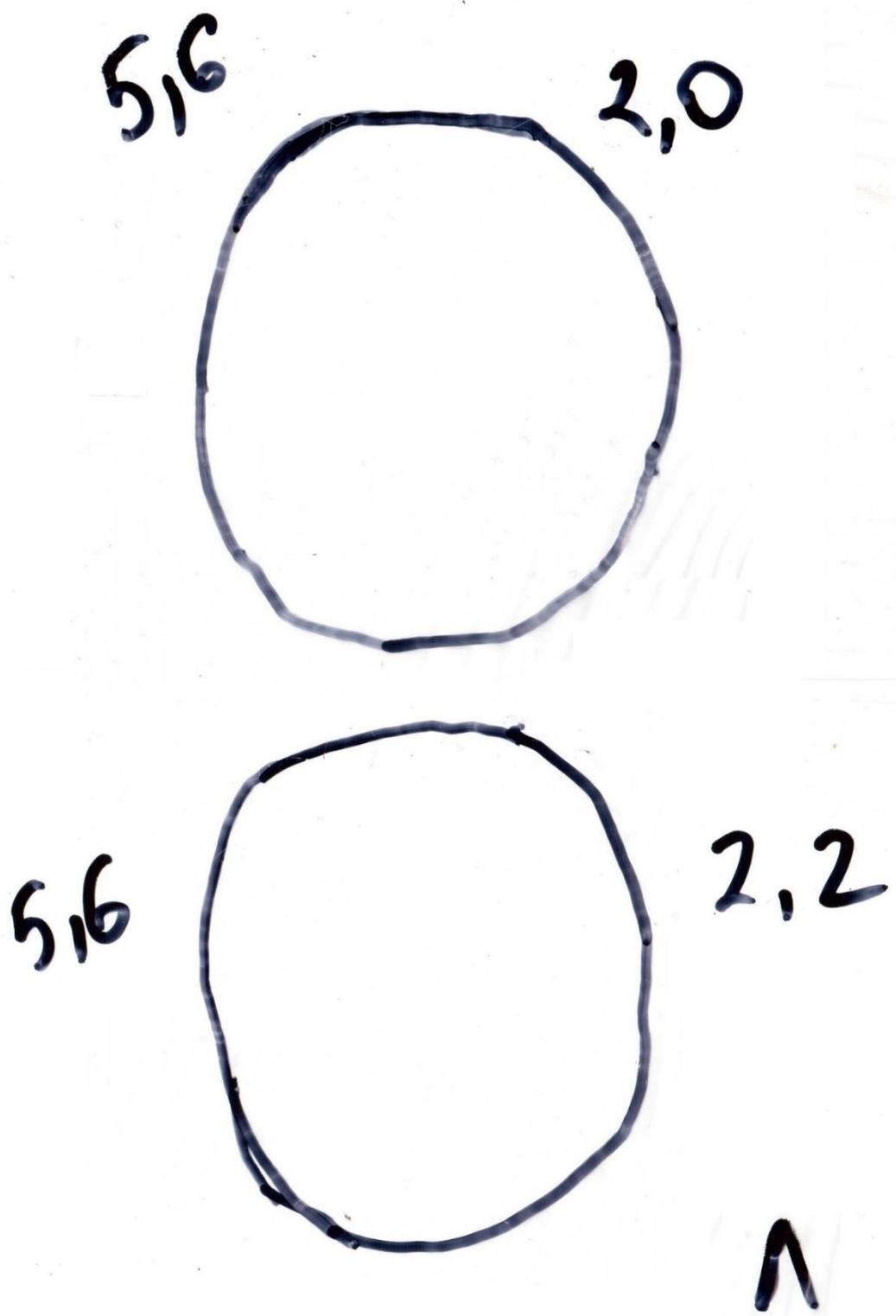


Рисунок Б1 – Отпечаток летней шины при нагрузке 5,6 МПа

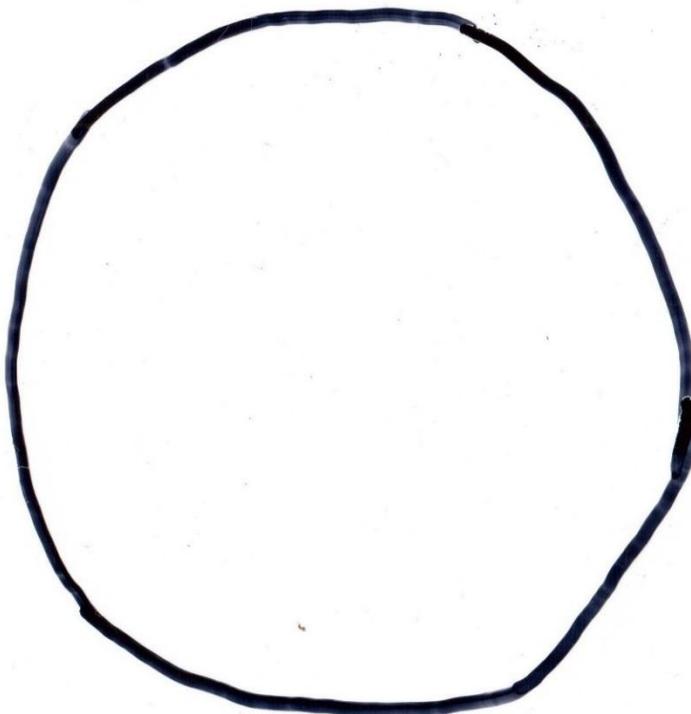
5,6

1,8



6,4

1,8



∟

Рисунок Б2 – Отпечаток летней шины при нагрузке 5,6 и 6,4 МПа

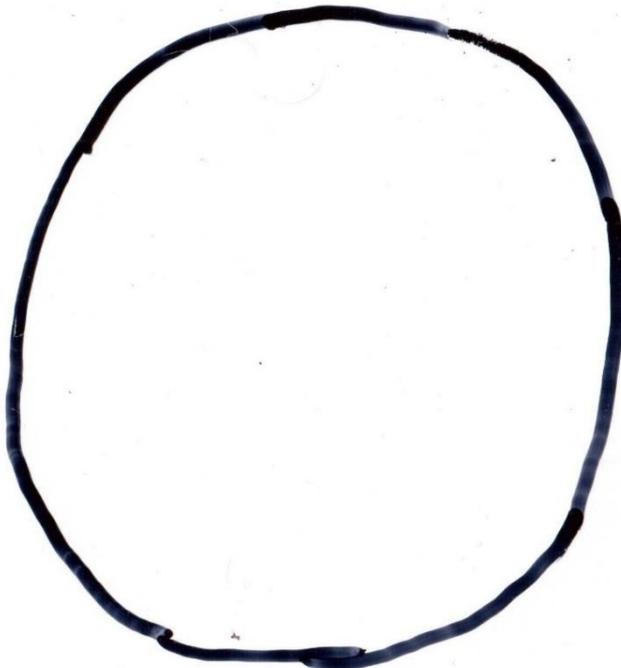
6,4

2,0



6,4

2,2



∧

Рисунок Б3 – Отпечаток летней шины при нагрузке 6,4 МПа

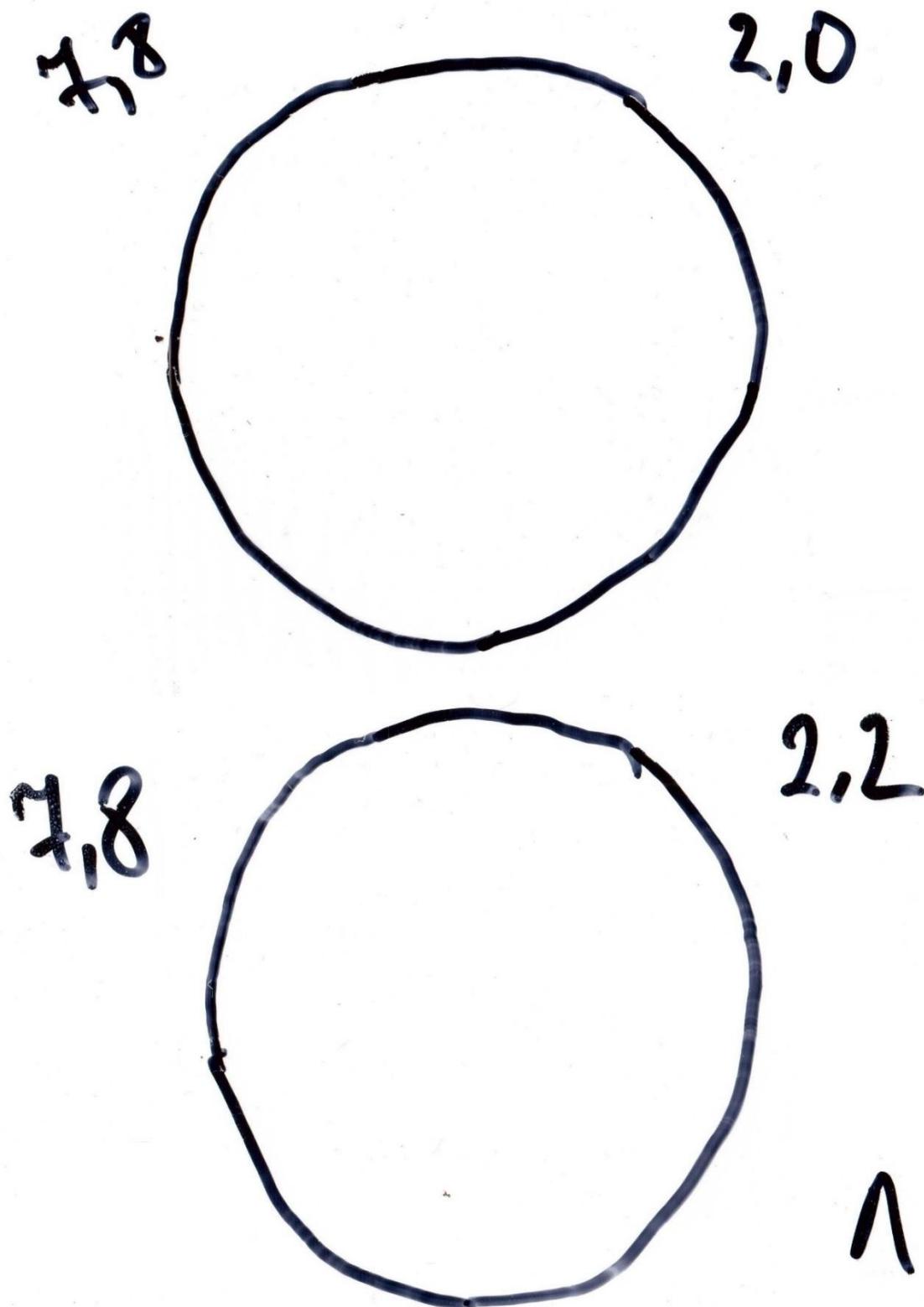


Рисунок Б4 – Отпечаток летней шины при нагрузке 7,8 МПа

7,8

1,8



∧

Рисунок Б5 – Отпечаток летней шины при нагрузке 7,8 МПа

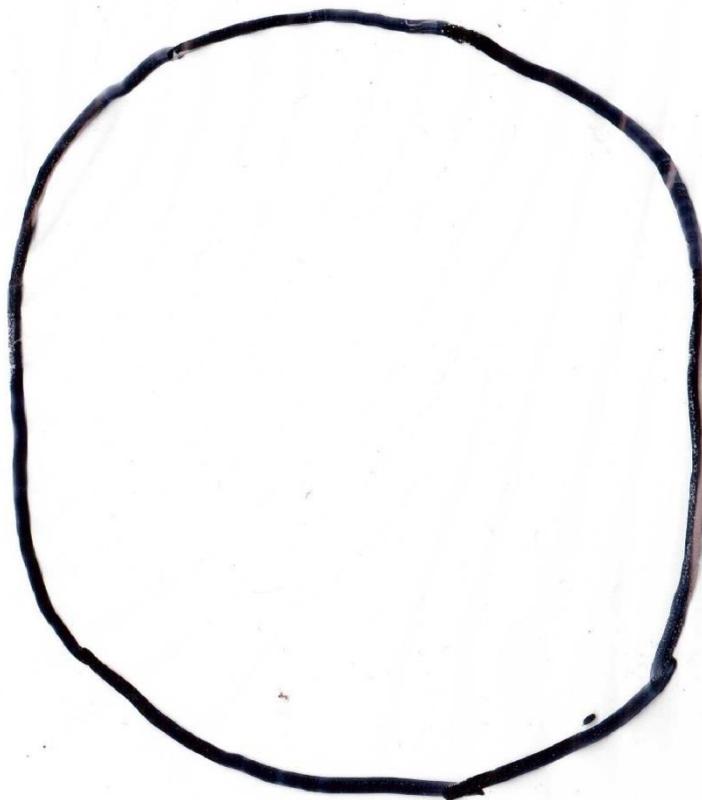
5,6

2,2



5,6

2,0



3

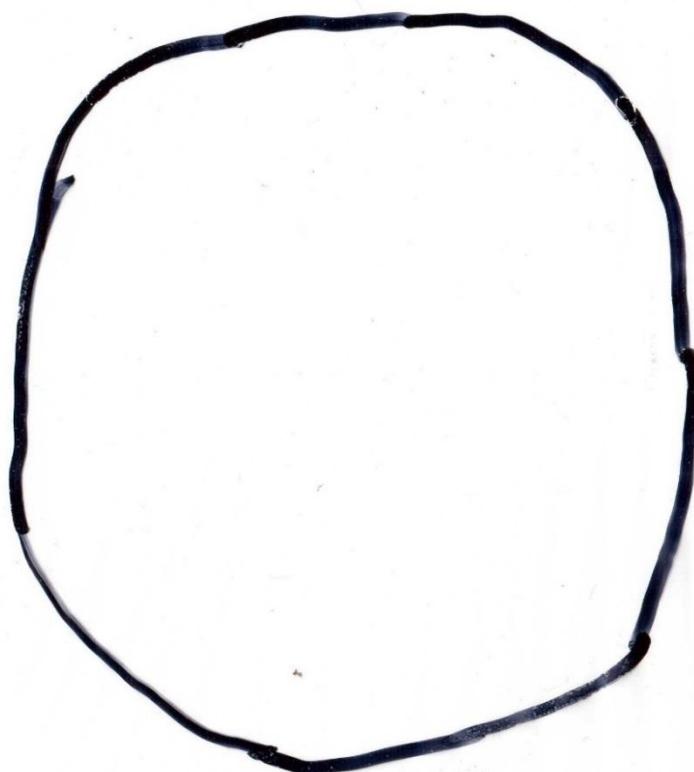
Рисунок Б6 – Отпечаток зимней шины при нагрузке 5,6 МПа

5,6



1,8

6,4



1,8

3

Рисунок Б7 – Отпечаток зимней шины при нагрузке 5,6 и 6,4 МПа

6,4



2,0

6,4



2,2

3

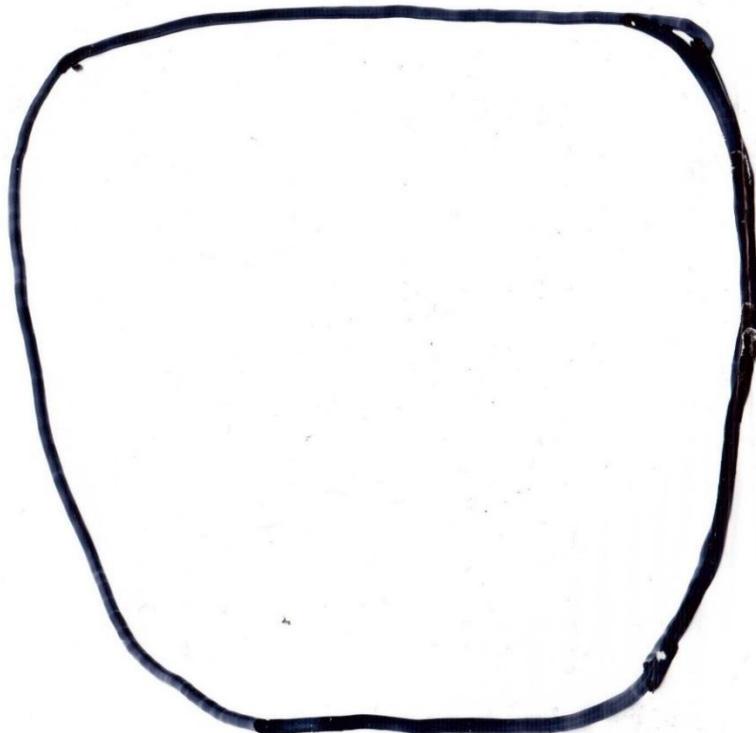
Рисунок Б8 – Отпечаток зимней шины при нагрузке 6,4 МПа

7,8



2,2

7,8



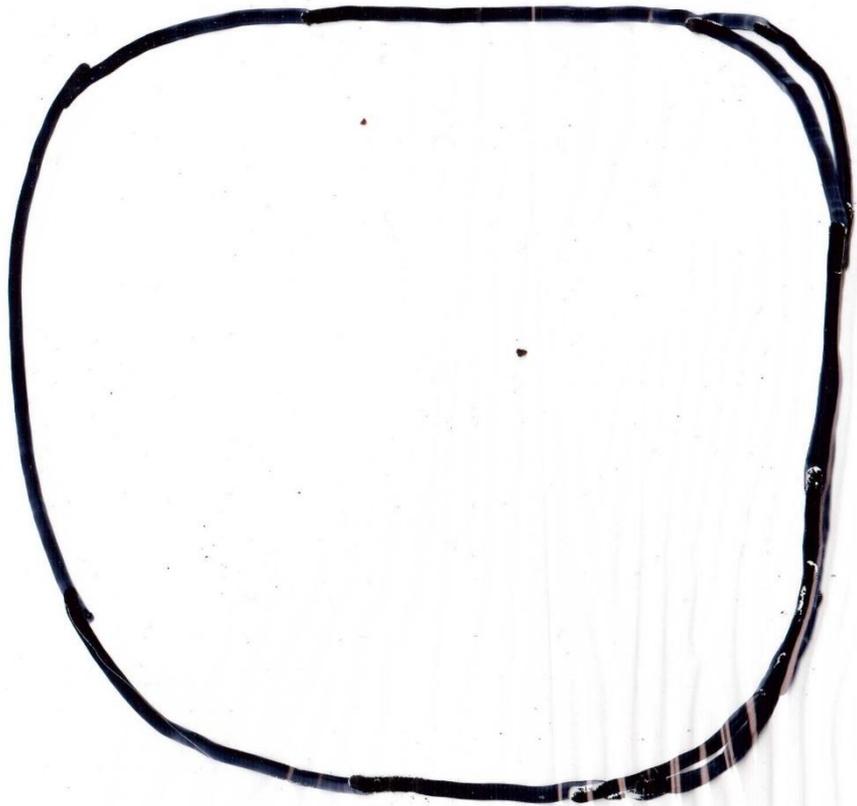
2,0

3

Рисунок Б9 – Отпечаток зимней шины при нагрузке 7,8 МПа

7,8

1,8



3

Рисунок Б10 – Отпечаток зимней шины при нагрузке 7,8 МПа

давл. 1.8 атм
Нагр. = 2646 Н
 $S = 138,3 \text{ см}^2$

давл. 2.0 атм.
Нагр. = 2646 Н.
 $S = 116,4 \text{ см}^2$

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

Рисунок Б11 – Отпечаток изношенной шины при нагрузке 5,6 МПа

давл. 1.8
Нагр.: 3009Н
 $S = 143,0 \text{ см}^2$

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

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

Рисунок Б12 – Отпечаток изношенной шины при нагрузке 6,4 МПа

давл. 1.8 атм.
Нагр. = 3685 Н
 $S = 180,7 \text{ см}^2$

давл. 2.0 атм.
Нагр. = 3685 Н.
 $S = 158,1 \text{ см}^2$

давл. 2.2 атм
Нагр. = 3685 Н
 $S = 138,4 \text{ см}^2$

Рисунок Б13 – Отпечаток изношенной шины при нагрузке 7,8 МПа