

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

На тему «Исследование видов деформации шин на стенде»

Студент

А.С. Горбунов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Л.А. Черепанов

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

Консультанты

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

к.э.н., доцент С.Ю. Данилова

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

Тольятти 2020

Аннотация

Целью работы является определение различных параметров шин, для исследования плавности хода автомобиля, управляемости и устойчивости, нагруженности трансмиссии.

Вопросам улучшения плавности хода автомобилей, управляемости и устойчивости, безопасности при движении уделяется постоянно большое внимание, поэтому работа выполненная в данном направлении актуальна на сегодняшний день.

В данном проекте мы поставили перед собой следующие задачи:

1. Изучить историю технологического развития шины;
2. Изучить первое практическое применение шины и ее усовершенствование;
3. Произвести технические расчёты.

В начале работы мы изучили историю шины, на основе исторических данных. Мы описали общие характеристики, которым должно соответствовать автомобильное колесо. После этого были сняты показания на стенде продольной, вертикальной, поперечной и крутильной жесткости. Далее нами были произведены расчеты на основе полученных данных.

В конце исследований были построены графики зависимости жесткости шины от давления.

Данная работа состоит из пояснительной записки на 98 страниц, введения на 1 страниц, включая 48 рисунков, 22 таблицы, 43 формулы, списка 28 источников, в том числе 5 источников на иностранном языке.

Abstract

The purpose of this work is to determine various parameters of tires, to study the smoothness of the car, handling and stability, and the load of the transmission.

The issues of improving the smooth running of cars, handling and stability, safety when driving are constantly given great attention, so the work done in this direction is relevant today.

In this project, we set the following goals:

1. Study the history of technological development of the tire;
2. Study the first practical application of the tire and its improvement;
3. Make technical calculations.

In the beginning, we studied the history of the tire, based on historical data. We have described the General characteristics that a car wheel should meet. After that, readings were taken on the stand of longitudinal, vertical, transverse and torsional stiffness. Then we made calculations based on the received data.

At the end of the research, graphs of the dependence of tire stiffness on pressure were constructed.

This work consists of an explanatory note on 102 pages, an introduction on 1 pages, including 48 figures, 22 tables, 43 formulas, a list of 28 sources, including 5 sources in a foreign language .

Содержание

Введение.....	6
1 Состояние вопроса	7
1.1 Назначение шины. Общие сведения	7
1.2 Требования, предъявляемые к шине	13
2 Конструкторская часть	15
2.1 Тягово-динамический расчет автомобиля 2 класса.....	15
2.1.1 Подготовка исходных данных для тягового расчета	15
2.1.2 Определение передаточного числа главной передачи.....	18
2.1.4 Определение передаточных чисел коробки передач	21
2.1.5 Тяговый баланс автомобиля	23
2.1.6 Динамическая характеристика автомобиля	25
2.1.7 Разгон автомобиля	27
2.1.8 Время и путь разгона автомобиля	30
2.1.9 Мощностной баланс автомобиля	35
2.1.10 Топливно-экономическая характеристика	37
2.2.Определение вертикальной жесткости шины	39
2.3.Определение продольной жесткости шины	50
2.4.Определение поперечной жесткости шины	58
2.5 Определение крутильной жесткости шины	67
3 Меры безопасности при работе на стенде для измерения деформации шин	78
4 Организационно – экономическое обоснование проведения работ научно-исследовательского направления в дипломном проекте	81
4.1Определение содержания и последовательности выполнения научно-исследовательской работы в дипломном проекте	81
4.2 Определение трудоёмкости и длительности цикла выполнения научно-исследовательской работы (НИР).	82
4.3 Расчёт ранних сроков свершения событий до оптимизации сетевого графика.	86
4.4 Определение затрат на НИР.....	92
4.5. Заключение экономической части	94

Заключение	Ошибка! Закладка не определена.
Сисок используемых источников	96

Введение

«Отрасль автомобилестроения одно из ведущих направлений развития мировой экономики. Эффективная работа автотранспорта имеет огромное значение для всех остальных отраслей промышленности. Инновации и разработка новых технологий, также имеют немаловажное значение для развития всей мировой промышленности.

Основными направлениями для дальнейшего развития технического уровня автомобилей»[34] являются – исследование плавности хода, управляемости и устойчивости на дороге.

«Основная задача, стоящая перед автомобильным транспортом, это повышение комфортабельности и безопасности движения. Колеса и шины осуществляют непосредственную связь автомобиля с дорогой и оказывают существенное влияние на эти факторы.»[18]

Шина обеспечивает контакт транспортного средства с дорожным полотном, предназначена для поглощения незначительных колебаний, вызываемых несовершенством дорожного покрытия, компенсации погрешности траекторий колёс, реализации и восприятия сил.

Сегодня большое внимание уделяется всему, что приводит автомобиль к плавному и бесшумному ходу, устойчивости на резких поворотах, маневренности на трассах различной сложности, а также к увеличению скоростных возможностей.

Актуальность исследования шин обусловлена тем, что безопасность езды на автомобиле является основным параметром при его эксплуатации, и шины имеют непосредственное влияние на обеспечение безопасности на дороге.

Целью работы является определение различных параметров шин, для исследования плавности хода автомобиля, управляемости и устойчивости, нагруженности трансмиссии.

1 Состояние вопроса

1.1 Назначение шины. Общие сведения

«Автомобильная шина — один из наиболее важных элементов колеса, представляющий собой упругую резино-металло-тканевую оболочку, установленную на обод диска. Шина обеспечивает контакт транспортного средства с дорожным полотном, предназначена для поглощения незначительных колебаний, вызываемых несовершенством дорожного покрытия, компенсации погрешности траекторий колёс, реализации и восприятия сил.»[45]

Колеса были изобретены 5 тысяч лет назад. Первое их появление было зафиксировано в Древнем Египте. При строительстве пирамид для облегчения передвижения грузов использовали особые изобретения. Они назывались «катки» и выглядели, как круглые куски бревен. Их подкладывали под большие каменные глыбы. Это можно назвать началом в истории колеса.

На протяжении многих столетий колесо подвергалось видоизменениям и совершенствованиям. Однако в 19 веке произошел настоящий переворот во всей истории колеса. Около 200 лет назад была изобретена пневматическая шина, которая используется и в настоящее время для эксплуатации современного автомобиля. Ее открытию способствовало открытие процесса вулканизации. Что являлось толчком в развитии резинотехнической отрасли в промышленности.

О том, что же такое шина, существует множество мнений. Многие считают, что это резиновый баллон. С геометрической точки зрения шина - это тор. Механическая точка зрения определяет шину сосудом в форме упругой мембраны с высоким давлением.

Химия принимает шину, как материал, который имеет макромолекулы с длинными цепями. Шина воплотила в себе открытия химической

промышленности, ведь при изготовлении шины применяют различные синтетические материалы. Производство шин каждый год затрачивает несколько миллионов тонн углеродной сажи, масел эластомеров, пигмента и других материалов.

В широком же смысле, шина - достижение научно-технического прогресса, а также синтез научных знаний и современных технологий.

В 1844 году впервые шина была запатентована официально. Изобретение пневматической шины было официально запатентовано Робертом Уильямом Томсоном, 1822 года рождения. В 22 года – в год изобретения шины – он был инженером железнодорожного транспорта, а также имел свой бизнес в Лондоне.

В 1846 году 10 июня был «датирован патент, описаны суть изобретения, конструкция шины и все необходимые для ее изготовления материалы. В патенте описывалось, что «воздушное колесо» предназначалось для телеги или экипажа.»[28]

«Изобретение заключалось в следующем: шина накладывалась на колесо, которое имело деревянные спицы. Деревянный обод был обит обручем из металла, в него и вставлялись спицы. Шина состояла из камеры, которая представляла собой нескольких слоев парусины, которые были пропитаны раствором гуттаперчи или натуральным каучуком. Также шина состояла из наружного покрытия, а точнее, из кусков кожи, которые были соединены заклепками. Шина крепилась на обод болтами. В патенте было написано, что кожаная покрышка имела необходимое сопротивление износу, а также многочисленным изгибам. Кожа имеет свойство растяжения при попадании воды и расширения при внутреннем давлении. Поэтому камера была усилена парусиной.»[28]

Испытания проводились с экипажем с воздушными колесами. Томсон измерял силу тяги, в результате было обнаружено, что на щебеночном покрытии сила тяги снижается на 38%, а на покрытии из дробленой гальки - на 68%. Испытания доказали удобство езды, бесшумность и легкий ход.

После проведенных испытаний, их результаты опубликовали в журнале *Mechanics Magazin* в 1849 году. Однако появление этого значительного изобретения, а также доказательств и обоснования продуманного воплощения в жизнь, оказалось недостаточным для повода к массовому производству. Основная причина – не было добровольцев изготавливать это изделие с приемлемой стоимостью. После «смерти Томсона про «воздушное колесо» все забыли, однако были сохранены образцы изделия.

О пневматической шине»[28] вспомнили в 1888 году. Шотландец Джон Данлоп усовершенствовал трехколесный велосипед, соорудив из шланга для поливки сада широкие обручи и, надув их воздухом, надел их на колесо. Он получил патент на изобретение и стал известен как автор пневматической шины.

Шина быстро получила распространение в применении. В 1889 году Уильям Хьюм, который участвовал в гонках на велосипедах, для своего транспорта использовал пневматические шины. Его талант в этом деле находился на среднем уровне. Тем не менее, выиграл все заезды. В 1889 году этому изобретению нашлось и коммерческое применение.

Существующая и до сих пор самая крупная «компания «Пневматическая шина и агентство Бута по продаже велосипедов»»[89] была организована в Дублине. Сейчас ее название – «Данлоп».

В 1890 году инженером Чальдом Уэлтчем было предложено отделить камеру от покрышки. Также он счел необходимым вставить в края покрышки проволоку и посадить на обод. «Англичанин Бартлетт и француз Дидье также внесли свою лепту относительно монтажа и демонтажа шин.»[36]

«Французы Андре и Эдуард Мишлен первыми использовали пневматическую шину на автомобиле. Они имели большой опыт в изготовлении шин для велосипедов. В 1895 впервые в автомобильной гонке принял участие автомобиль с пневматическими шинами. Водителем был француз Бордо. Он справился с расстоянием в 1200 км, а также пришел к

финишу. А уже в 1896 году пневматические шины были установлены на автомобиле «Ланчестер».[28]

Пневматические шины были толчком в развитии плавности хода и проходимости автомобилей. Но надежность была под сомнением и требовала времени для монтажа. Последующее усовершенствование в этой области было связано с увеличением износоустойчивости шин, а также их быстрым монтажом и демонтажом.

Прошло много лет, и «пневматическая шина навсегда вытеснила литую резиновую шину. Для дальнейшего усовершенствования шины использовали более дорогие и долговечные материалы. В шине появился корд – это прочный слой, который состоит из текстильных нитей.»[36] Также использовали быстросъемные конструкции, ведь это дало реальную возможность менять шины в течение нескольких минут.

Модернизация уже имевшейся модели пневматические шины получила повсеместное применение и привела к бурному всплеску инноваций в шинной промышленности. Толчок в развитии дала первая мировая война, который заключался в разработке шин для грузовиков и автобусов. Первым производителем стала Америка. Шины для грузовиков имели высокое давление, и были способны воспринимать большие нагрузки. Кроме того, они имели необходимые скоростные характеристики.

В 1925 году в мире было зафиксировано уже почти 4 миллиона автомобилей с пневматическими шинами. Исключениями были отдельные типы грузовиков. Начали появляться крупные компании по изготовлению шин. «Некоторые из них успешно работают и на сегодняшний день.»[92] Например: «Данлоп» (Англия), «Пирелли» (Италия), «Мишлен» (Франция), «Гудьир», «Метцелер» (ФРГ), «Файрстоун» и «Гудрич» (США).

Создание шин заканчивается к концу двадцатых годов прошлого века благодаря интуиции конструктора. Дело в том, что появилась необходимость научного подхода к усовершенствованию пневматических шин. В то время база химической технологии уже была хорошо освоена. Ее

применяли для приготовления резиновых смесей шин.

Конструирование и испытания шин для автомобилей не сразу получили опыт. Проводились многочисленные научные исследования, и использовались на практике в деятельности многих компаний различных стран. Для разработки дальнейших эксплуатационных характеристик шин создавали особенные стенды для испытаний.

В тридцатые годы конструкторы видоизменяли форму и рисунок протектора и старались отразить важность роли шины в управляемости автомобиля.

Во времена второй мировой войны начали целостно использовать синтетический каучук. Это делалось для создания усовершенствованных шин в рецептурах резин.

Следующим этапом в развитии шинного производства можно считать применение корда из вискозы и нейлона. Так как шины с вискозой улучшили характеристики шин и сократили некоторую долю случаев выхода из строя шин. Шины с нейлоном были более прочными. Таким образом, разрывы каркаса некоторым образом свелись к нулю.

Компания «Мишлен» в «середине двадцатого века предложила новую конструкцию шин. Изюминка в этой идее была заключена в жестком поясе, который состоял из слоев металлокорда. Нити корда были расположены не в диагональном виде, а в радиальном - от борта к борту. Далее эти шины называли радиальными»[36] и позволили автомобилю быть более проходимым транспортом. В то же время конструкторы работали над износоустойчивостью и сцепными свойствами шины.

В следующее десятилетие было изменено отношение высоты шины к ширине профиля. Стремление к более низким профилям шин случилось благодаря повышению площади контакта с дорогой. Что способствовало повышению общего срока службы шины, а также улучшило устойчивость боков и сцепные свойства.

В семидесятые годы, по сравнению с пятидесятыми годами,

пневматическая шина достигла определенного уровня усовершенствования. Были замечены следующие изменения: была увеличена безопасность, и снижен расход топлива. Кроме того, легковые автомобили перешли на использование радиальных шин.

Компания «Континенталь» в восьмидесятые годы предложила новое усовершенствование: конструкцию шины с особым креплением на T-образном ободе колеса. Данное новшество обеспечило более безопасное движение на маленькой скорости, даже если будут спущены шины.

Одновременно с полетами в космос и исследованиями космоса началась новая эпоха в создании шин. Так как луноходы и лунороботы требовали производства новых видов шин, которым бы не было страшно ни жары, ни холода, ни даже вакуума, которые могли бы двигаться по любой поверхности.

В «современное время действует тенденция к эксплуатации бескамерных радиальных шин низкого профиля. Эти шины предоставляют возможность использовать различные рабочие характеристики транспортного средства по степени грузоподъемности и объема и обеспечивать безопасность перевозок и эффективность работы транспортного средства.

Модернизация шин движется по всем направлениям и обосновывается широкой специализацией в соответствии с назначением. Долгое время уделялось большое внимание сцепным качествам, грузоподъемности и сопротивлению качения шин. Разработчики шинной промышленности трудятся над химическим составом, увеличением длительности срока службы шины и безопасности передвижения транспортных средств, рисунком протектора, упрощением производства и улучшением технико-экономических показателей шин.»[39]

«Основное назначение шины — смягчить толчки и удары, передаваемые на подвеску автомобиля, обеспечить надежное сцепление колеса с дорожным покрытием, управляемость, передать на дорогу тяговые

и тормозные силы. В значительной степени от шины зависит коэффициент сцепления, проходимость в различных дорожных условиях, расход топлива и шум, создаваемый автомобилем во время движения. Кроме того, шина должна обеспечить заданную грузоподъемность, надежность и долговечность.»[47]

1. 2. Требования, предъявляемые к шине

«- безопасность (в отношении самой шины и в отношении движения автомобиля);

- легкость и прочность конструкции;

- экономичность: низкая стоимость; малое сопротивление качению (низкие гистерезисные потери); высокая износостойкость; достаточная глубина рисунка протектора; длительный срок службы (ресурс); возможность восстановления протектора шины;

- технологичность изготовления;

- экологичность эксплуатации.

- хорошее сцепление с твердой опорной поверхностью, позволяющее снизить буксование и юз колес при передаче тяговых, тормозных и боковых сил (обеспечение устойчивости движения колесной машины);

- надежная посадка бортов шины на полки обода и обеспечение нераскрытия стыков между бортами шины и закраинами обода

низкая температура разогрева, определяемая конструкцией каркаса и типом материала каркаса и брекера;»[32]

«- возможность продолжительного движения с максимальной скоростью, соответствующей индексу скорости (скоростная прочность);

- восприятие усилий, возникающих при криволинейном движении колесной машины (обеспечение хороших показателей управляемости);

- малое сопротивление повороту колеса;

- стойкость к механическим повреждениям;

- сопротивляемость повреждению боковин радиальных шин;
- легкость монтажа и демонтажа.»[32]

2 Конструкторская часть

2.1 Тягово-динамический расчет автомобиля 2 класса

Таблица 2.1- Данные для расчета

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

2.1.1 Подготовка исходных данных для тягового расчета

«Полная масса автомобиля рассчитывается по формуле 2.2:»[18]

$$m_a = m_0 + m_{\text{ч}}(n) + m_{\text{г}} \quad (2.2)$$

«Где – m_a – снаряженная масса автомобиля

m_0 – снаряженная масса автомобиля

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

n – число пассажиров, включая водителя

$m_{\text{г}}$ – масса груза по 10 кг на 1 человека»[18]

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

«Нагрузка по осям

Масса которая прикладывается на заднюю ось 40%

Масса которая прикладывается на переднюю ось 60%»[18]

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

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

Подбор шин

$$r_{ct} = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H \quad (2.3)$$

«Где d – посадочный диаметр шины

λ_z – коэффициент вертикальной деформации, зависящий от типа шин

$$\frac{H}{B} = 0,65 \text{ мм}$$

На дорогах с твердым покрытием $r_{cm} \approx r_\partial \approx r_k$

r_∂ – динамический радиус колеса

r_k – радиус качения колеса

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

Коэффициент обтекаемости рассчитываем по формуле 2.4:»[18]

$$k = \frac{c_x \cdot \rho}{2} \quad (2.4)$$

«Где ρ – плотность воздуха в нормальных условиях 760 мм.рт.ст»[10]

$$\rho = 1,293$$

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

Лобовая площадь

Лобовая площадь рассчитывается по формуле 2.5:

$$F = 0,8 \cdot B_{\Gamma} \cdot H_{\Gamma} \quad (2.5)$$

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

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

Коэффициент сопротивления качению»[6] рассчитываем по формуле 2.6:

$$f = f_0 \left(1 + \frac{V^2}{2000} \right) \quad (2.6)$$

«Где f_0 – коэффициент сопротивления качению автомобиля с малой скоростью

V – скорость автомобиля»[10] в м/с

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

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

2.1.2 Определение передаточного числа главной передачи

$$U_0 = \frac{r_k}{U_k} \cdot \frac{\omega_{max}}{V_{max}} \quad (2.7)$$

«Где ω_{max} – максимальная угловая скорость коленчатого вала»[6]

$$n_{max} = 5600 \text{ об/мин}$$

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

$$U_k = 0,78$$

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

«2.1.3 Расчет внешней скоростной характеристики

Мощность двигателя при максимальной скорости»[3] рассчитываем по формуле 2.8:

$$N_v = \frac{1}{\eta_{тр}} \left(G_a \cdot \psi_v \cdot V_{max} + \frac{c_x \cdot \rho}{2} \cdot F \cdot V_{max}^3 \right) \quad (2.8)$$

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

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

$$\psi_v = f \quad (2.9)$$

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

Максимальная мощность двигателя

$$N_{\max} = \frac{N_v}{a \cdot \lambda + b \cdot \lambda^2 - c \cdot \lambda^3} \quad (2.10)$$

Где a, b, c – эмпирические коэффициенты

$$a = b = c = 1$$

$$\lambda = \frac{\omega_{\max}}{\omega_N} \quad (2.11)$$

Принимаем $\lambda = 1,15$

$$\omega_N = \frac{\omega_{\max}}{\lambda} \quad (2.12)$$

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

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

Рассчитываем внешнюю скоростную характеристику по формуле 2.13:

$$N_e = N_{\max} \left(a \cdot \frac{\omega_e}{\omega_N} + b \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - c \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right) \quad (2.13)$$

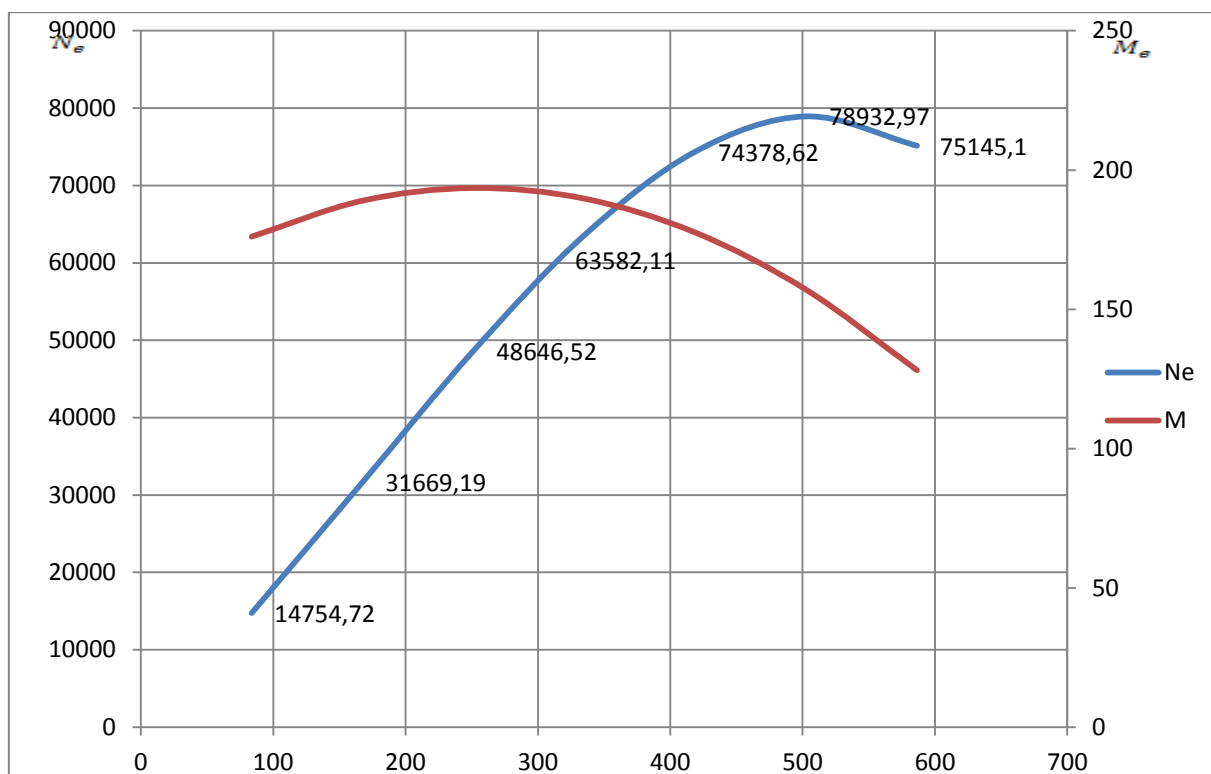
«Для построения кривой эффективного момента двигателя применим формулу 2.13:»[2]

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e} \quad (2.14)$$

«Выбрав 7 значений в диапазоне $\omega_{min} \dots \omega_{max}$, рассчитаем зависимости $N_e(\omega_e)$ и $M_e(\omega_e)$. Результаты расчётов сводим в таблицу 2.2.»[18]

Таблица 2.2-Результаты расчета зависимости

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



«Рисунок 2.2 – Внешняя скоростная характеристика двигателя

2.1.4 Определение передаточных чисел коробки передач

Определим передаточное число первой передачи по формуле 2.15:»[4]

$$\frac{M_{\max} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot U_0 \cdot U_1}{r_k} \geq G_a \cdot \psi_{\max} \quad (2.15)$$

или по формуле 2.16

$$U_1 \geq \frac{G_a \cdot \psi_{\max} \cdot r_k}{M_{\max} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot U_0} \quad (2.16)$$

«Для того чтобы предотвратить прокручивание ведущих колес нужно сделать так, чтобы сила первой передачи была не больше той, которая образуется в результате соприкосновения колеса с дорогой.»[2]

$$\frac{M_{\max} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot U_0 \cdot U_1}{r_k} \leq G_{\text{сц}} \cdot \varphi \quad (2.17)$$

Или

$$U_1 \leq \frac{G_{\text{сц}} \cdot \varphi \cdot r_k}{M_{\max} \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot U_0} \quad (2.18)$$

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

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

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

Примем $U_1 = 2,0$

Передаточные числа для пятиступенчатой коробки передач

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

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

$$U_4 = 1$$

$$U_5 = 0,78$$

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

Произведем расчет скорости автомобиля для каждой передачи рассчитываем по формуле 2.19:

$$V = \frac{r_k \cdot \omega_e}{U_0 \cdot U_n} \quad (2.19)$$

«Где U_n – передаточное число коробки передач;

ω_e – текущие значения угловой скорости вала.»[6]

Таблица 2.3-Расчет скорости автомобиля

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

2.1.5 Тяговый баланс автомобиля

Уравнение тягового баланса представлено в формуле 2.20:

$$P_T = P_d + P_B + P_{\text{и}} \quad (2.20)$$

«Где P_T – сила тяги

P_d – сила дорожного сопротивления

P_B – сила сопротивления воздуха

$P_{\text{и}}$ – сила сопротивления разгону автомобиля

Сила тяги на ведущих колесах для каждой передачи рассчитывают по формуле 2.21:»[6]

$$P_T = \frac{U_k \cdot U_0 \cdot M_e \cdot \eta_{\text{тр}}}{r_k} \quad (2.21)$$

Где U_k – передаточное число коробки передач

M_e – величина эффективного момента двигателя (Нм)

Сила сопротивления дороги рассчитывается по формуле 2.22:

$$P_d = G_a \cdot \psi \quad (2.22)$$

$$\psi = i + f, \text{ т.е.}$$

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

Сила сопротивления воздуха рассчитывается по формуле 2.23:

$$P_B = \frac{c_x \cdot \rho \cdot F \cdot V^2}{2} \quad (2.23)$$

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

Таблица 2.4-Тяговая сила

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

Рассчитываем силу сопротивления воздуха и силу дорожного сопротивления.

Таблица 2.5-Сила сопротивления

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

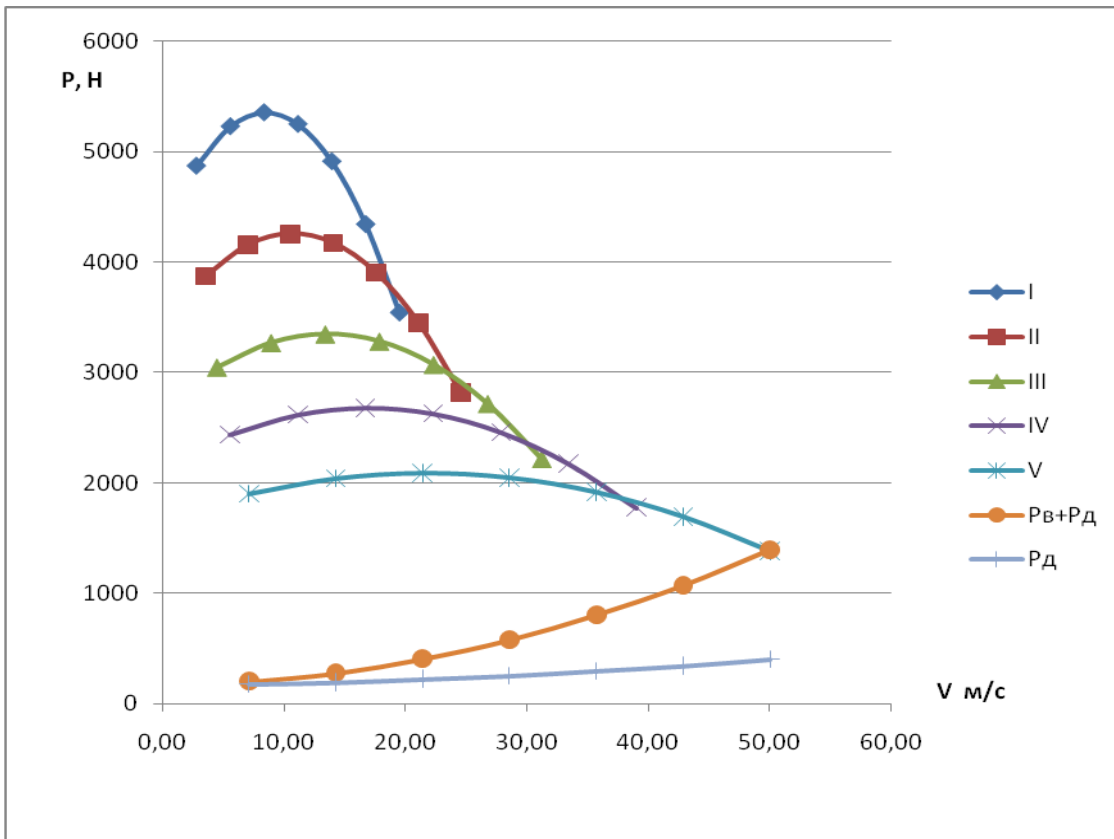


Рисунок 2.3-Тяговый баланс автомобиля

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

Таблица 2.6-Сопротивление воздуха

I	II	III	IV	V
	$P_{в}$		$P_{в}$	
2,79	3	3,50	5	4,46
5,57	12	7,01	20	8,91
8,36	28	10,51	44	13,37
11,14	50	14,02	78	17,83
13,93	77	17,52	122	22,29
16,71	111	21,03	176	26,74
19,50	152	24,53	240	31,20
I	II	III	IV	V

2.1.6 Динамическая характеристика автомобиля

Динамический фактор на соответствующей передаче рассчитываем по формуле 2.24:

$$D = \frac{P_T - P_B}{G_a} \quad (2.24)$$

Где P_B – сила сопротивления воздуха

P_T – тяговая сила на ведущих колесах автомобиля

G_a – полный вес автомобиля

Рассчитаем динамический фактор на каждой передаче.

Таблица 2.7-Динамических фактор

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

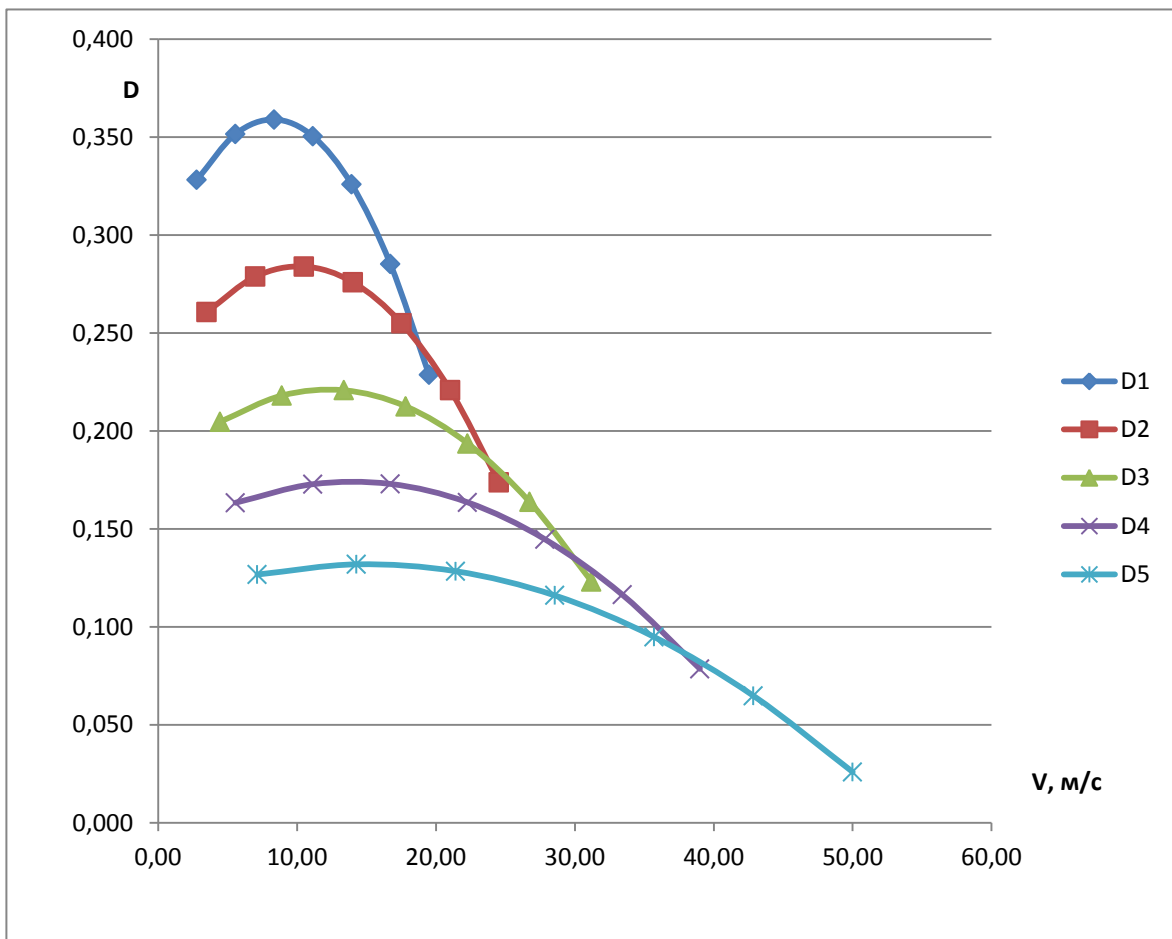


Рисунок 2.4-Динамический фактор

2.1.7 Разгон автомобиля

«Для того чтобы найти ускорения автомобиля по ровному нескользящему покрытию необходимо максимально использовать мощность двигателя и исключить скольжение ведущих колес».[18]

$$J = \frac{(D - f) \cdot g}{\delta_{вр}} \quad (2.25)$$

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

$$\delta_{вр} = 1 + \frac{(I_M \cdot \eta_{тр} \cdot U_{тр}^2 + I_k) \cdot g}{G_a \cdot r_k^2} \quad (2.26)$$

«Где I_M – момент инерции вращающихся частей двигателя

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

I_k – суммарный момент инерции ведущих колес

Определим коэффициент вращающихся масс по формуле 2.27:»[6]

$$\delta_{вр} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_k^2) \quad (2.27)$$

Где δ_1 – коэффициент учета вращающихся масс колес

δ_2 – коэффициент учета вращающихся масс двигателя

Примем $\delta_1 = \delta_2 = 0,04$

Рассчитаем коэффициент вращающихся масс на каждой передаче

Таблица 2.8- Коэффициент вращающихся масс

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

Коэффициент сопротивления качению на каждой передаче рассчитываем по формуле 2.28:

$$f = f_0 \left(1 + \frac{v^2}{2000} \right) \quad (2.28)$$

$$f_0 = 0,012$$

Таблица 2.9-Сопротивлению качению

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

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

Таблица 2.10-Ускорения автомобиля

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

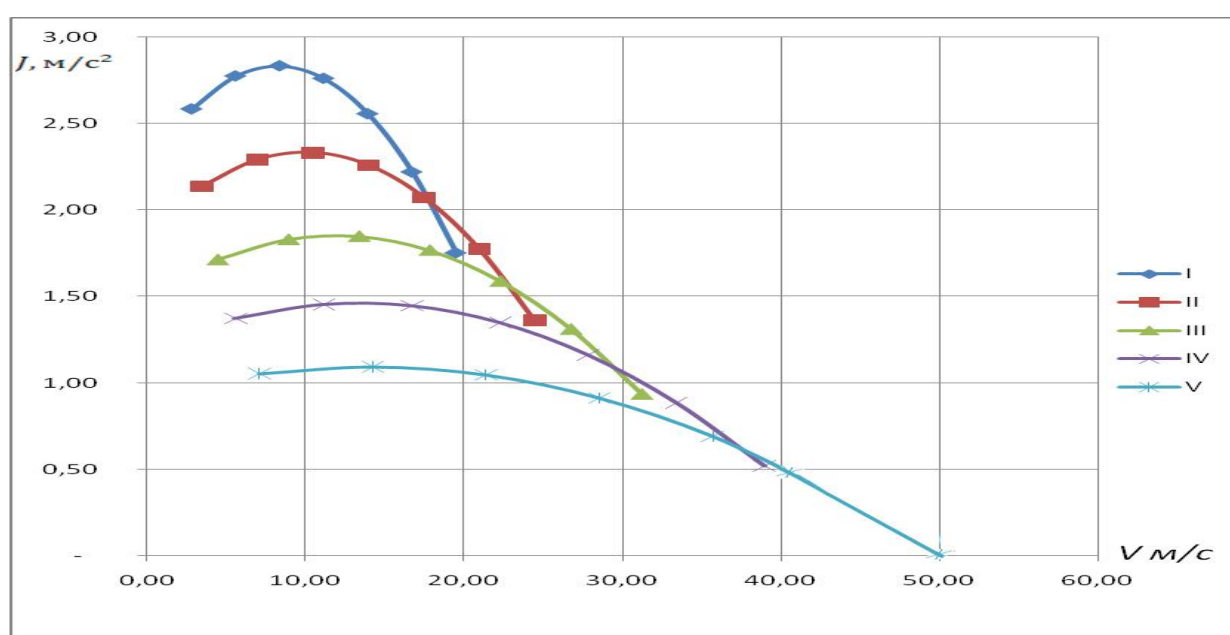


Рисунок 2.5-Ускорения автомобиля

«Рассчитаем обратные ускорения

Поскольку при скоростях близких к максимальной ускорение стремится к нулю, то для расчёта обратных ускорений ограничиваются скоростью»[2]

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

Таблица 2.11-Результаты расчета обратного ускорения

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

Продолжение таблицы 2.11

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

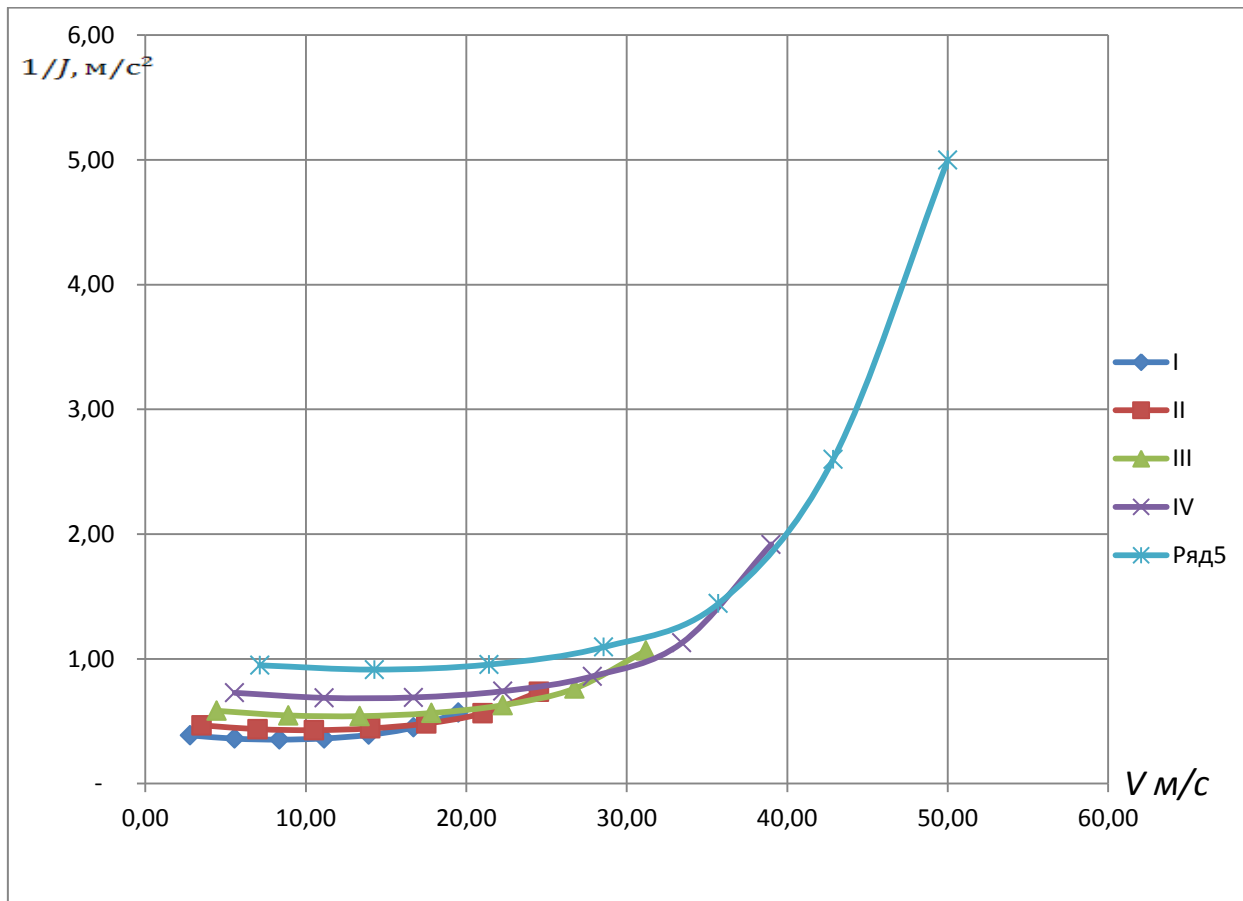


Рисунок 2.6 –Обратные ускорения автомобиля

2.1.8 Время и путь разгона автомобиля

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

Интегрирование заменяем суммой конечных величин.»[2]

$$v_{\text{мин}} = 2,79 \text{ м/с}$$

$$v_{\text{макс}} = 50 \text{ м/с}$$

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

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

Определим из графика обратных ускорений величину $1/J$

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

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

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

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

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

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

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

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

Таблица 2.12-Время и путь разгона

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

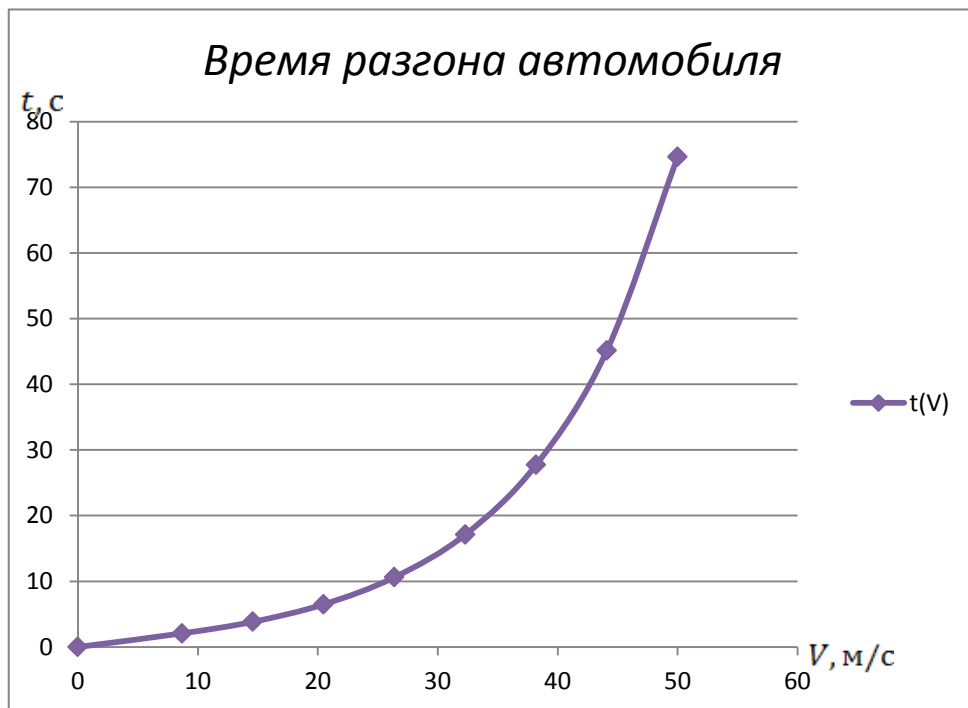


Рисунок 2.7-Время разгона автомобиля

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

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

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

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

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

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

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

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

t возьмем из таблицы

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Таблица 2.13-Время и путь разгона

$v, \text{ м/с}$	$S, \text{ м}$	Время, с
0 – 8,69	9	2,07
0 – 14,59	29,6	3,84
0 – 20,49	76,1	6,49
0 – 26,40	172,9	10,62
0 – 32,30	363,4	17,11

Продолжение таблицы 2.13

0 – 38,20	738,1	27,74
0 – 44,10	1454,1	45,14
0 – 50,00	2842,5	74,65

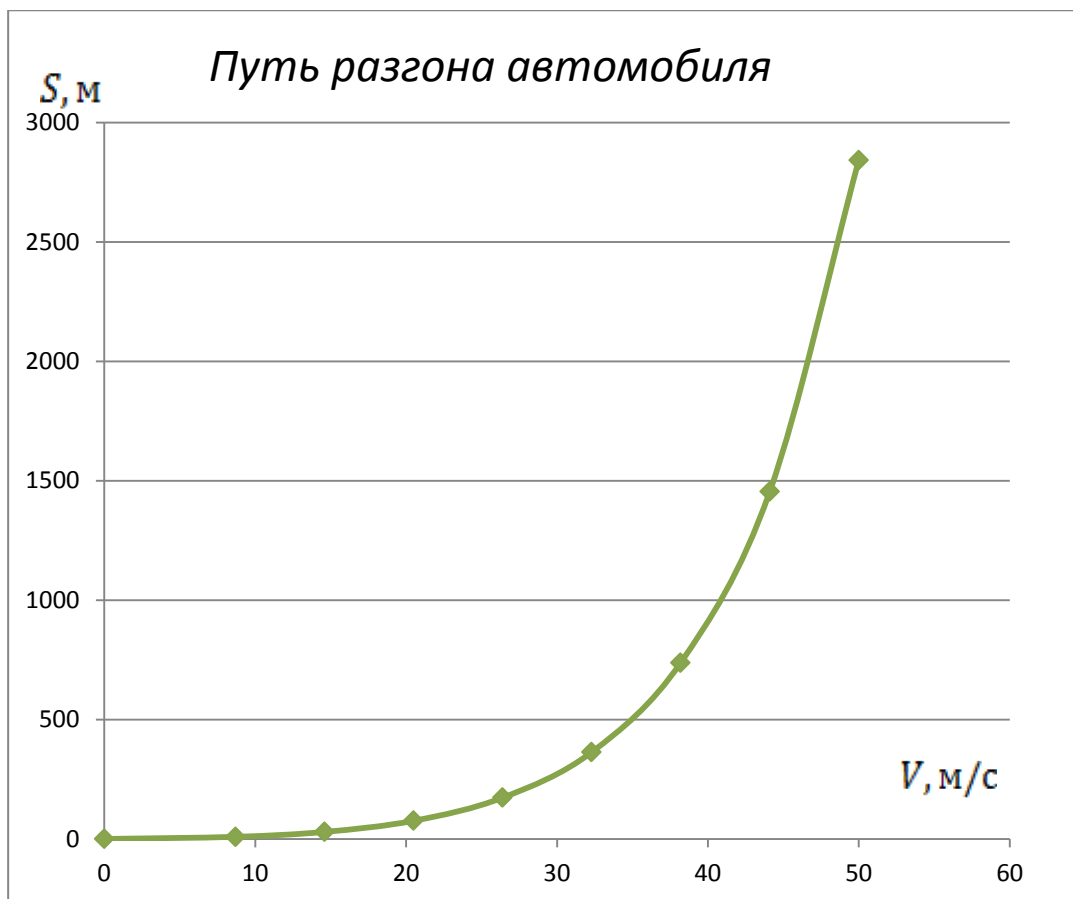


Рисунок 2.8 – Путь разгона автомобиля

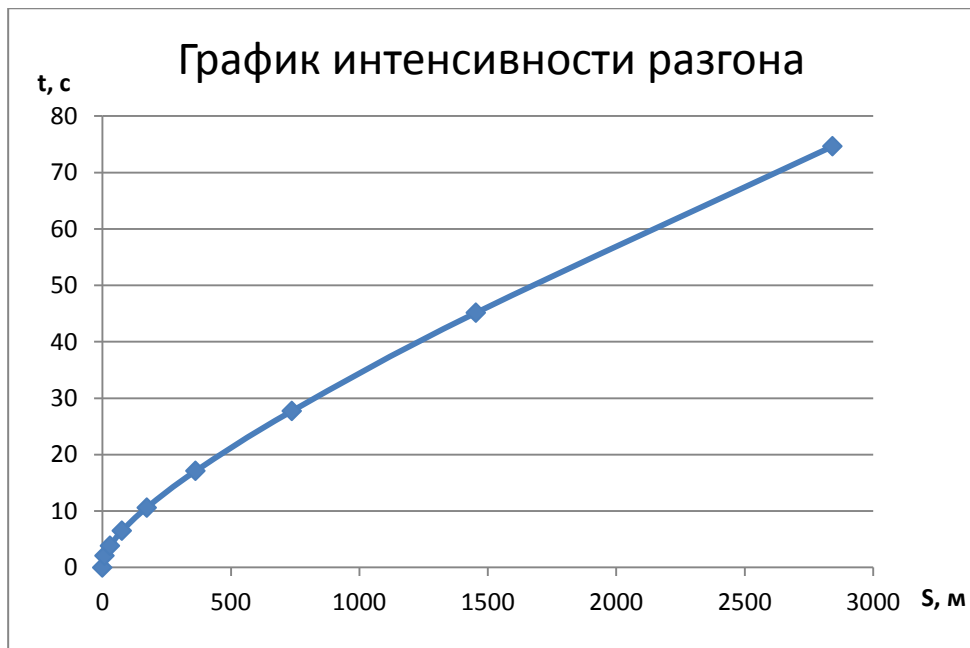


Рисунок 2.9- График интенсивности разгона

2.1.9 Мощностной баланс автомобиля

Уравнение мощностного баланса рассчитываем по формуле 2.29:

$$N_T = N_e - N_{\text{тр}} = N_f + N_{\text{п}} + N_{\text{в}} + N_{\text{и}} \quad (2.29)$$

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

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

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

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

$N_{\text{в}} = P_{\text{в}} \cdot V$ – мощность, затраченная на преодоление силы сопротивления воздуху

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

$N_{\text{д}} = P_{\text{д}} \cdot V = N_f + N_{\text{п}}$ – мощность, затраченная на преодоление сил

сопротивления дороги»[6]

Составим таблицу.

Таблица 2.14-Мощностной баланс

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

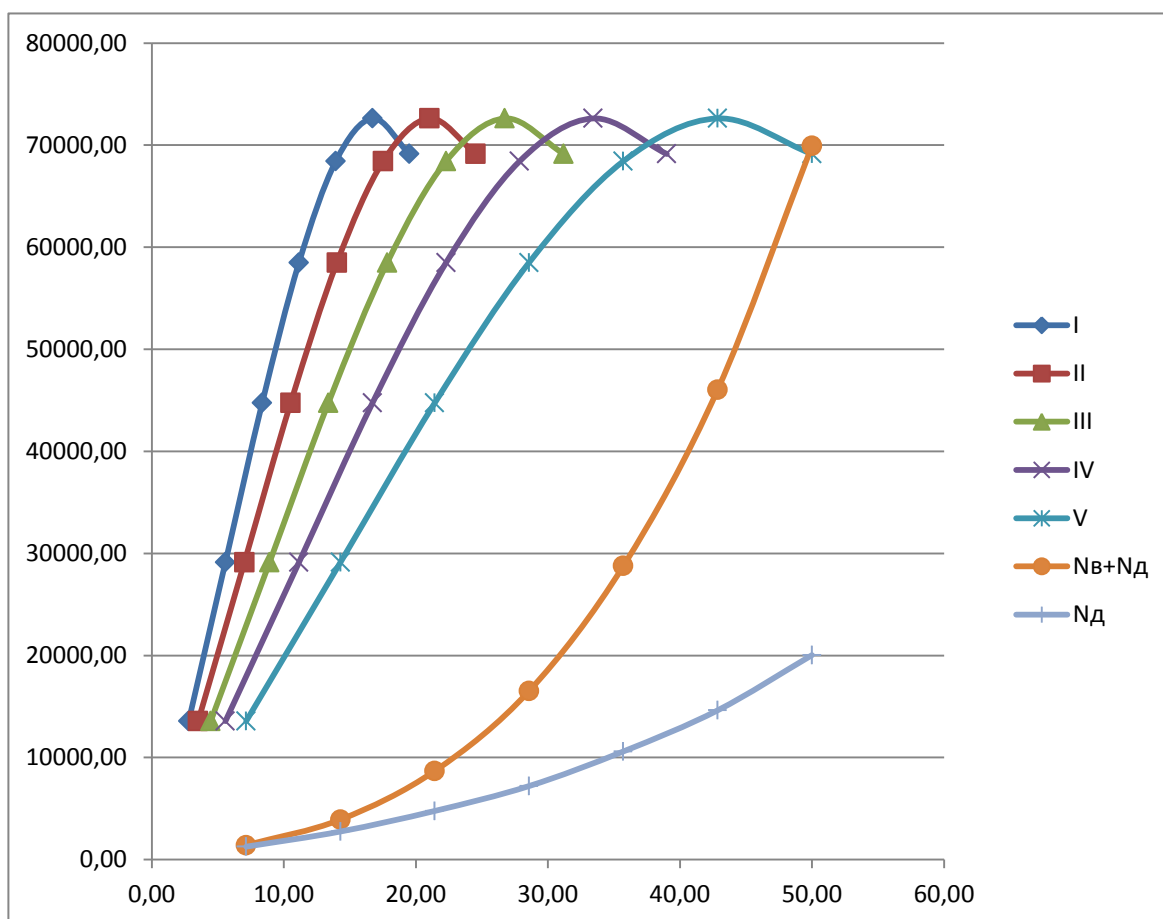


Рисунок 2.10-Мощностной баланс автомобиля

2.1.10 Топливоно-экономическая характеристика

$$q_{п} = \frac{k_{ск} \cdot k_{и} \cdot (P_{д} + P_{и}) \cdot g_{emin} \cdot 1,1}{36000 \cdot \rho_{т} \cdot \eta_{тр}} \quad (2.30)$$

«Где $k_{ск}$ – коэффициент учитывающий изменение эффективного расхода топлива в зависимости от ω

$k_{и}$ – коэффициент учитывающий изменение эффективного расхода топлива в зависимости от N

g_{emin} – минимальный эффективный расход топлива

Принимаем равным 340 г/кВт ч

$\rho_{т}$ – плотность топлива

Принимаем равной 0,72 кг/л

Коэффициенты $k_{ск}$ и $k_{и}$ определяем по графикам»[6]

Таблица 2.15 – Топливоно-экономическая характеристика

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



Рисунок 2.11-Топливо-экономическая характеристика автомобиля

Стенд для определения коэффициентов сцепления в продольном и поперечном направлениях

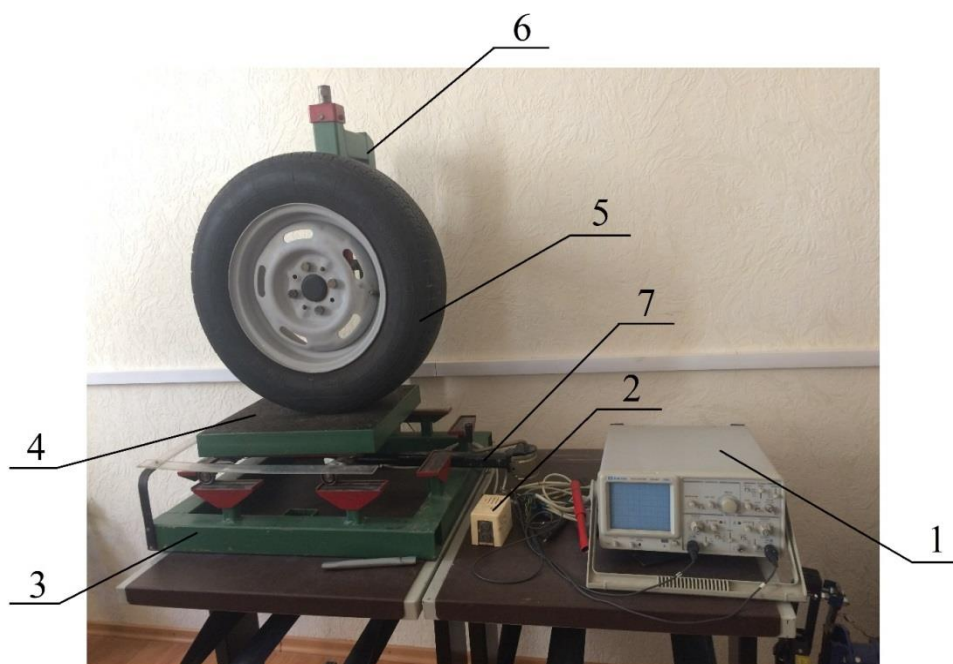


Рисунок 2.1 – «Стенд для определения коэффициентов сцепления в продольном и поперечном направлениях.»[35]

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

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

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

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

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

Для измерения нагрузки на колесо в горизонтальном направлении на упругий элемент, установленный перпендикулярно площадке, также наклеены тензометрические датчики.»[19] Тензометрические датчики включены в «мостовые схемы, сигналы с датчиков передаются усилителем постоянного тока и регистрируются двухканальным осциллографом GOS-620.

Для измерения»[19] нагрузки «поперечном направлении тензометрическая площадка устанавливается таким образом, чтобы направление горизонтальной нагрузки на тележку было перпендикулярным продольной плоскости колеса.»[19]

Перед началом испытаний определяется тарировочный коэффициент для вертикальной (K_v), продольной ($K_{пр}$) и поперечной ($K_{п}$) нагрузки:

1. Включаем осциллограф.
2. С помощью нагрузочного устройства, которое указано на рисунке 1 пункт 6, при нагрузке в 86кг. Луч осциллографа перемещается на 1 деление.

3. Рассчитываем тарировочный коэффициент по формуле 2.1:

$$K_B = \frac{(m \times g)}{10} \quad (2.1)$$

$$K_B = \frac{(86\text{кг} \times 9,8)}{10} = 84,28 \text{ Н/1дел.}$$

$$K_{\text{пр}} = 125 \text{ Н/1дел.}$$

$$K_{\text{п}} = 125 \text{ Н/1дел.}$$

2.2.Определение вертикальной жесткости шины

Летняя резина 1,8 атм.

1. Устанавливаем колесо на стенд
2. Накачиваем колесо до 1,8 атм.
3. Увеличиваем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки

в трех точках:

$$1_T = 11\text{мм}$$

$$2_T = 21\text{мм}$$

$$3_T = 30\text{мм}$$

1.1 Уменьшаем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки в двух точках

$$2_{\text{ТХ}} = 22\text{мм}$$

$$1_{\text{ТХ}} = 13\text{мм}$$

1.2 Строим график:

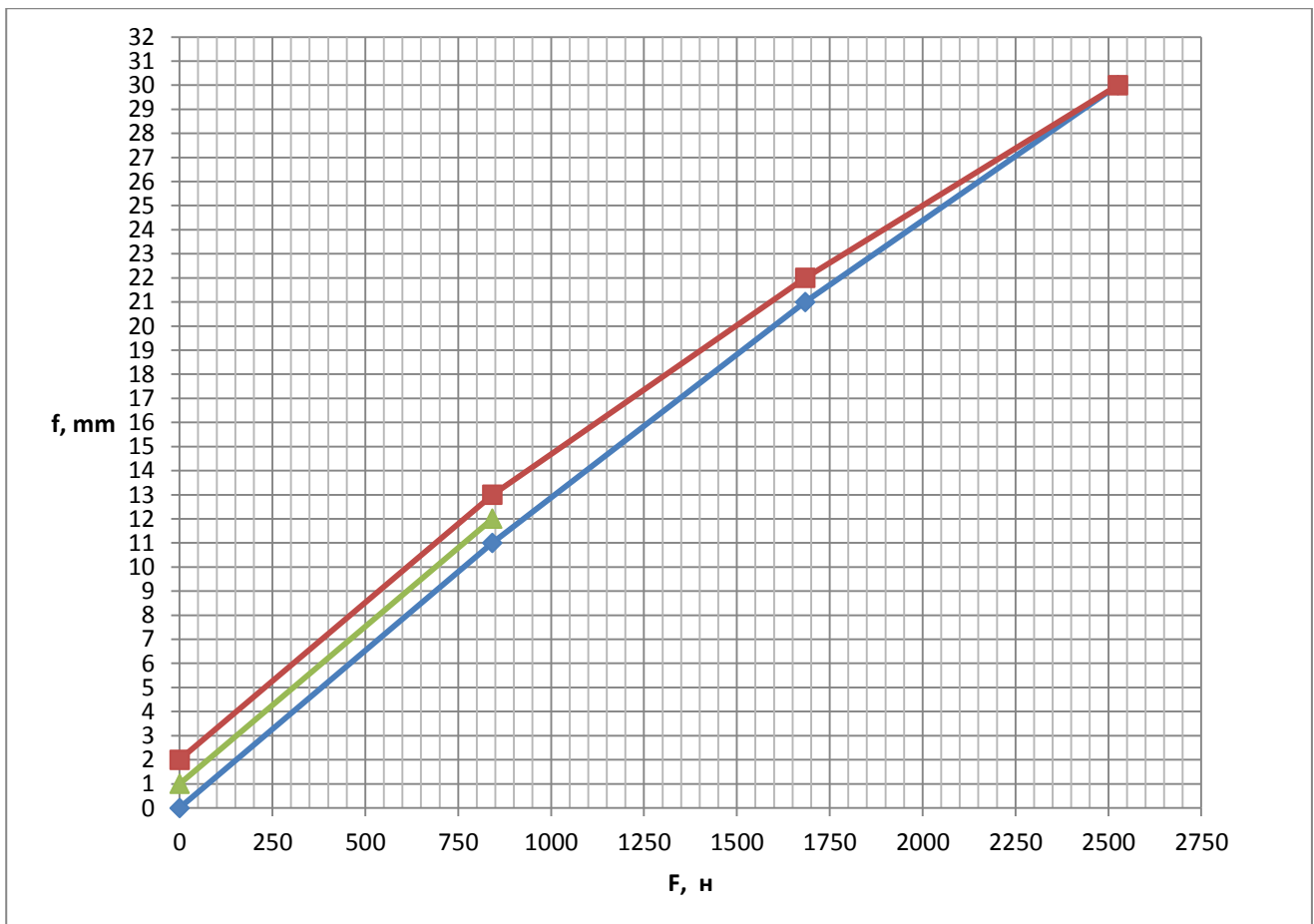


Рисунок 2.14 –Зависимость деформации летней шины 1,8атм. От приложенной к колесу вертикальной силы.

Определяем вертикальную жесткость шины по формуле 2.31:

$$\frac{\Delta F_H}{\Delta f} \quad (2.31)$$

$$\frac{842}{12} = 70,2 \text{ Н/мм}$$

Летняя резина 2,0 атм.

1. Накачиваем колесо до 2,0 атм.

2. Увеличиваем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки

в трех точках:.

$$1_T = 10\text{мм}$$

$$2_T = 19\text{мм}$$

$$3_T = 28\text{мм}$$

3. Уменьшаем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки в

двух точках

$$2_{TX} = 21\text{мм}$$

$$1_{TX} = 12\text{мм}$$

4. Строим график:

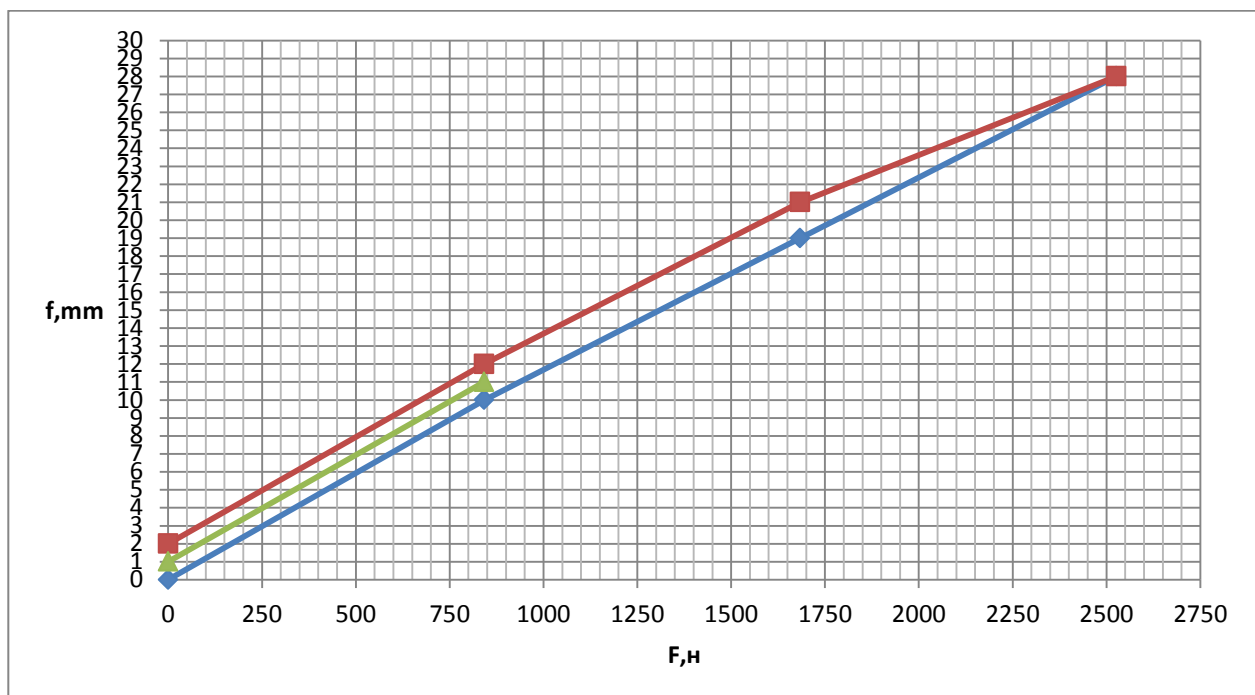


Рисунок 2.15- Зависимость деформации летней шины 2,0атм. От приложенной к колесу вертикальной силы.

Определяем вертикальную жесткость шины по формуле 2.31:

$$\frac{842}{11} = 76,5 \text{ Н/мм}$$

Летняя резина 2,2 атм.

1. Накачиваем колесо до 2,2 атм.

2. Увеличиваем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки

в трех точках:.

$$1_T = 9 \text{ мм}$$

$$2_T = 16 \text{ мм}$$

$$3_T = 24 \text{ мм}$$

3. Уменьшаем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки в

двух точках

$$2_{ТХ} = 17 \text{ мм}$$

$$1_{ТХ} = 9 \text{ мм}$$

4. Строим график:

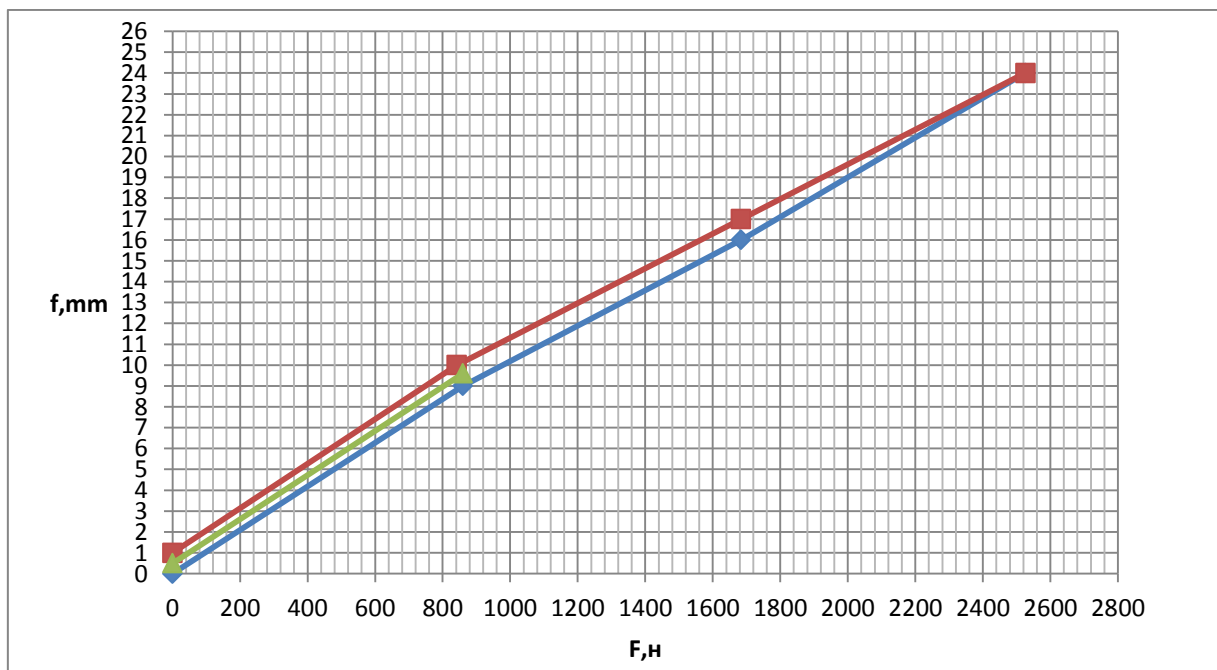


Рисунок 2.16- Зависимость деформации летней шины 2,2атм. От приложенной к колесу вертикальной силы.

Определяем вертикальную жесткость шины по формуле 2.31:

$$\frac{800}{9} = 88,9 \text{ Н/мм}$$

Строим график:

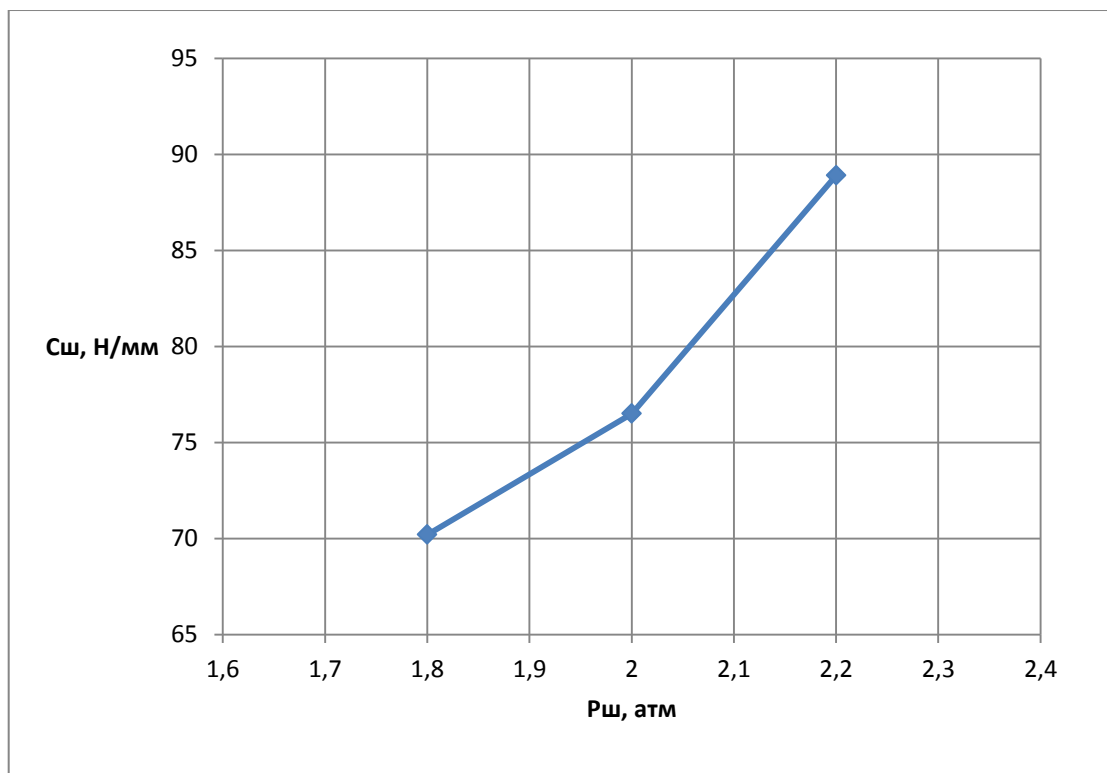


Рисунок 2.17- Зависимость вертикальной жесткости летней шины от давления.

На данном графике при увеличении давления наблюдаем примерную линейную зависимость увеличения жесткости шины

Зимняя резина 1,8 атм.

1. Устанавливаем колесо на стенд
2. Накачиваем колесо до 1,8 атм.
3. Увеличиваем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки

в трех точках:.

$$l_T = 13 \text{ мм}$$

$$2_T = 24\text{мм}$$

$$3_T = 36\text{мм}$$

4. Уменьшаем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки в двух точках

$$2_{ТХ} = 26\text{мм}$$

$$1_{ТХ} = 16\text{мм}$$

5. Строим график:

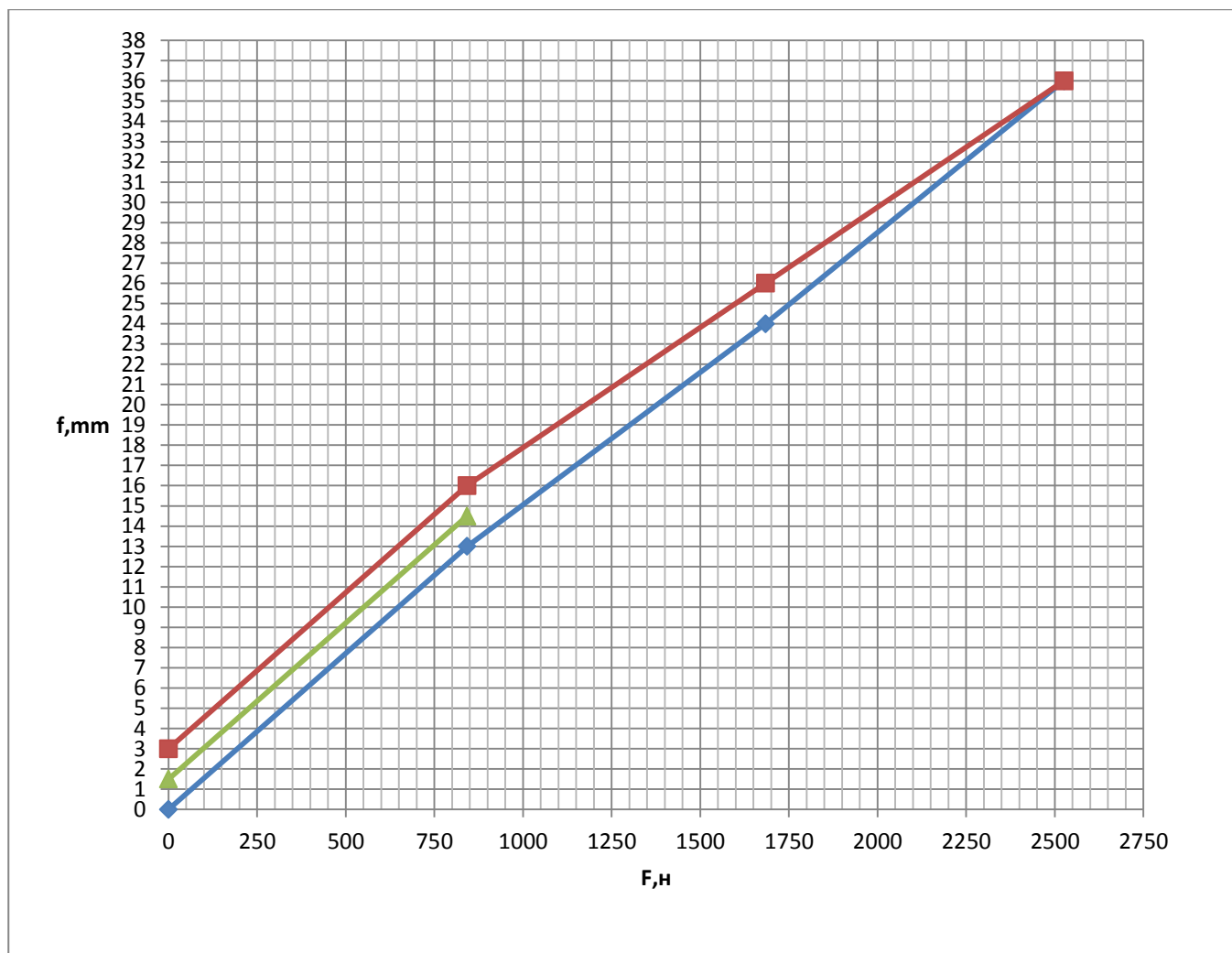


Рисунок 2.18- Зависимость деформации зимней шины 1,8атм. От приложенной к колесу вертикальной силы.

Определяем вертикальную жесткость шины по формуле 2.31:

$$\frac{750}{13} = 57,7 \text{ Н/мм}$$

Зимняя резина 2,0 атм.

1. Накачиваем колесо до 2,0 атм.

2. Увеличиваем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки

в трех точках:.

$$1_T = 11 \text{ мм}$$

$$2_T = 21 \text{ мм}$$

$$3_T = 31 \text{ мм}$$

3. Уменьшаем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки в

двух точках

$$2_{ТХ} = 23 \text{ мм}$$

$$1_{ТХ} = 13 \text{ мм}$$

4. Строим график:

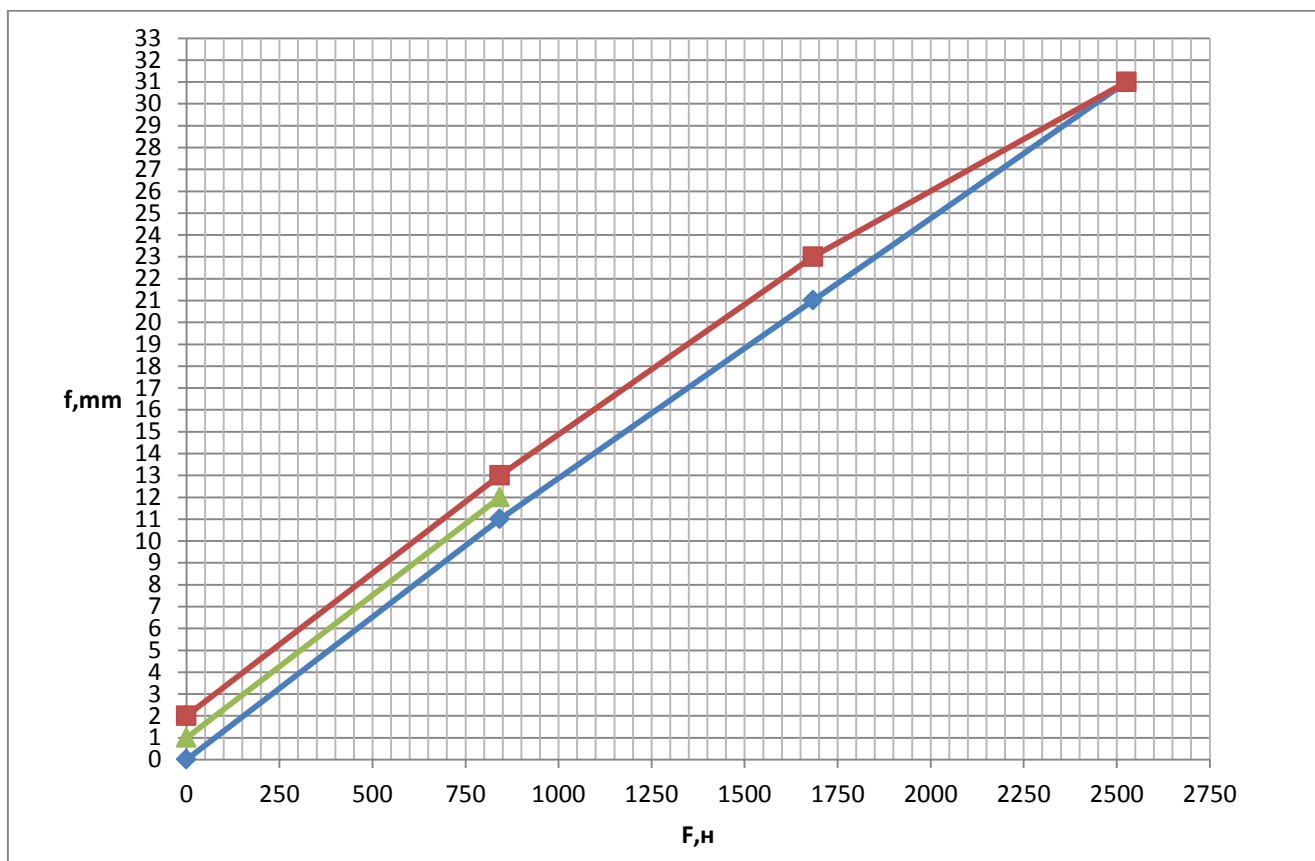


Рисунок 2.19-Зависимость деформации зимней шины 2,0атм. От приложенной к колесу вертикальной силы.

Определяем вертикальную жесткость шины по формуле 2.31:

$$\frac{842}{12} = 70,2 \text{ Н/мм.}$$

Зимняя резина 2,2 атм.

1. Накачиваем колесо до 2,2 атм.

2. Увеличиваем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки

в трех точках:.

$$1_{\Gamma} = 10\text{мм}$$

$$2_{\Gamma} = 19\text{мм}$$

$$3_{\Gamma} = 27\text{мм}$$

3. Уменьшаем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки в

двух точках

$$2_{\Gamma X} = 20\text{мм}$$

$$1_{\Gamma X} = 11\text{мм}$$

4. Строим график:

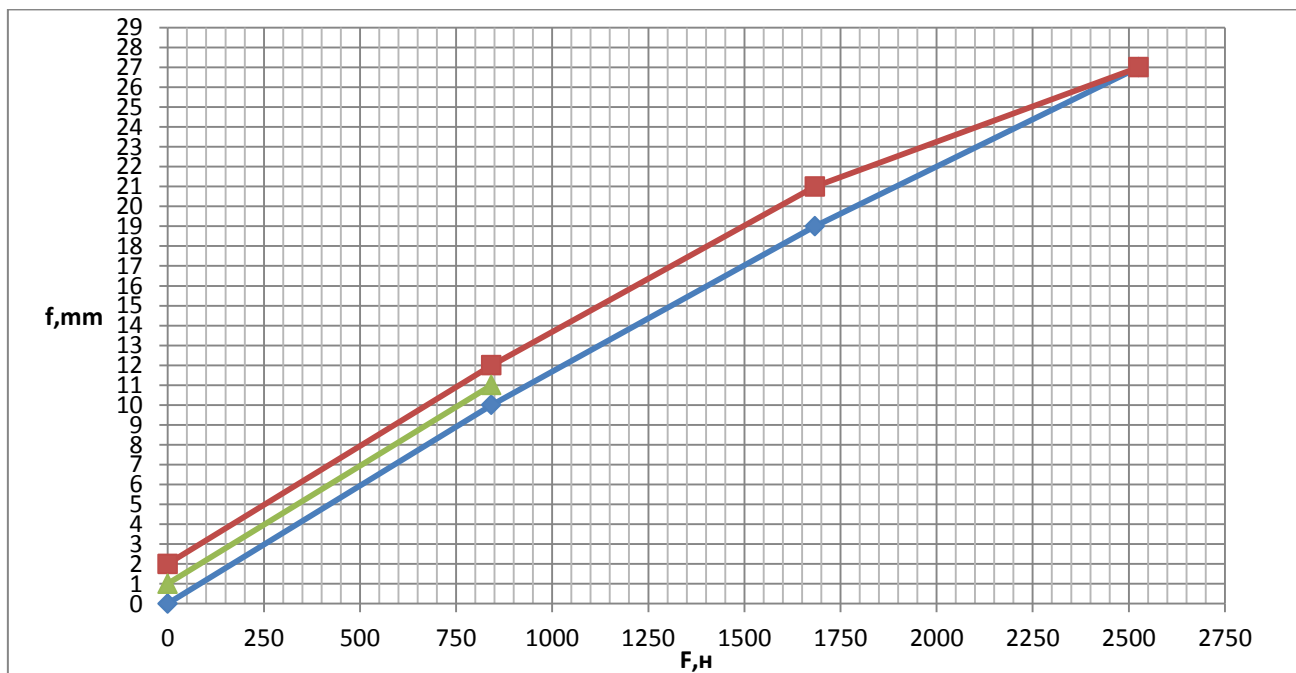


Рисунок 2.20- Зависимость деформации зимней шины 2,2атм. От приложенной к колесу вертикальной силы.

Определяем вертикальную жесткость шины по формуле 2.31:

$$\frac{750}{10} = 75 \text{ Н/мм}$$

Строим график:

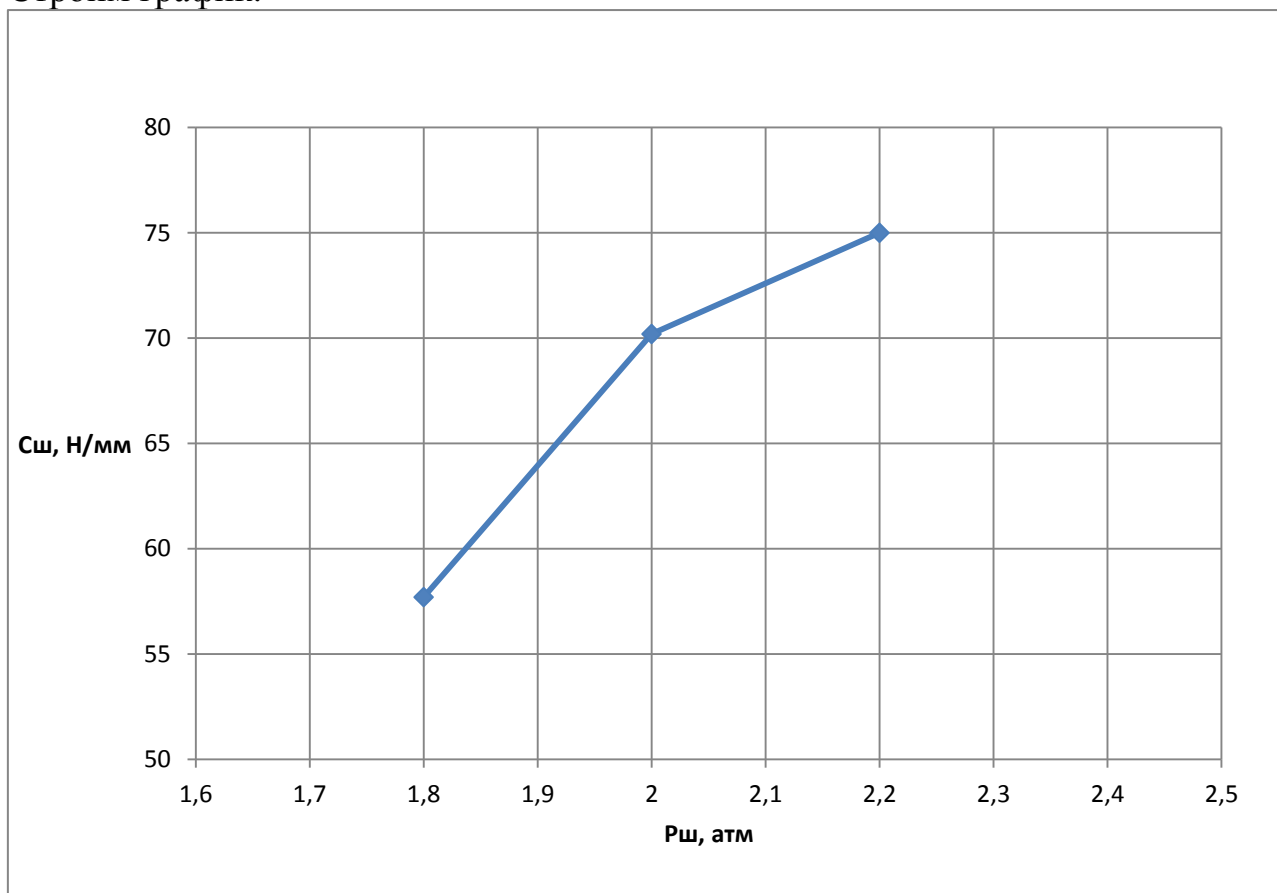


Рисунок 2.21- Зависимость вертикальной жесткости зимней шины от давления.

На данном графике наблюдаем примерную линейную зависимость увеличения жесткости шины при увеличении давления.

По показаниям графиков можем определить, что жесткость летней шины больше, чем жесткость зимней шины.

2.3.Определение продольной жесткости шины

Зимняя резина 1,8 атм.

1. Устанавливаем колесо на стенд
2. Накачиваем колесо до 1,8 атм.
3. Увеличиваем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки

в трех точках:.

$$1_T = 8\text{мм}$$

$$2_T = 13\text{мм}$$

$$3_T = 18\text{мм}$$

4. Уменьшаем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки в двух точках

$$2_{ТХ} = 15\text{мм}$$

$$1_{ТХ} = 11\text{мм}$$

5. Строим график зависимости деформации шины от приложенной к колесу продольной силы

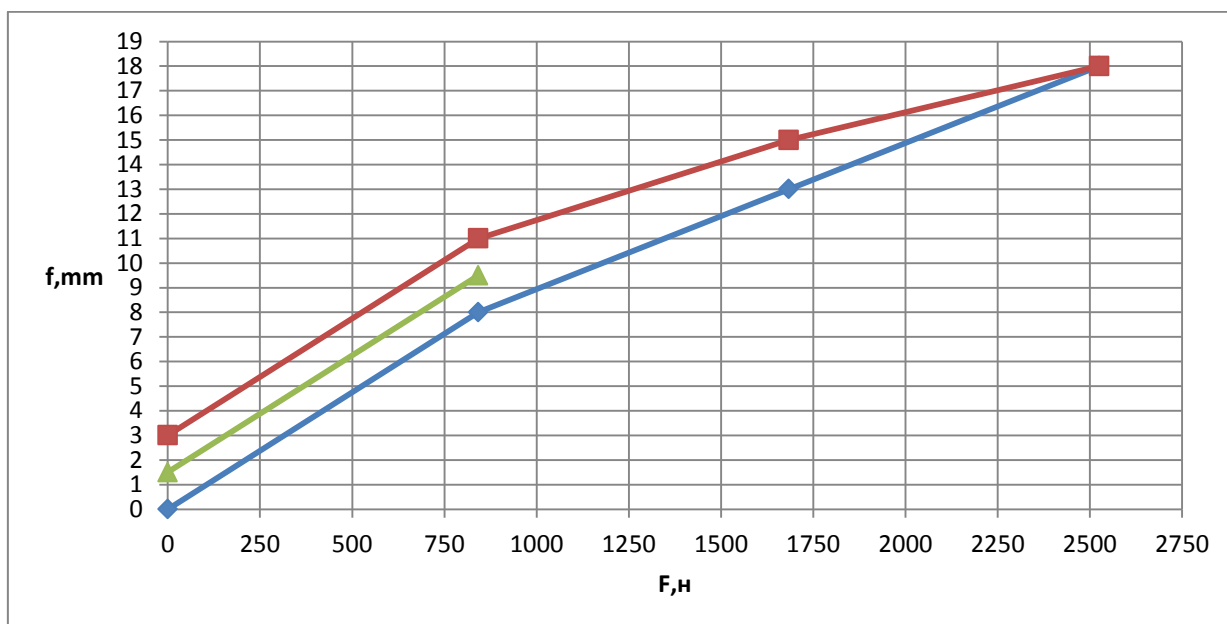


Рисунок 2.24- Зависимость деформации зимней шины 1,8атм. От приложенной к колесу продольной силы.

Определяем продольную жесткость шины по формуле 2.32:

$$\frac{\Delta F_H}{\Delta f} \quad (2.32)$$

$$\frac{500}{6} = 83,3 \text{ Н/мм}$$

Зимняя резина 2,0 атм.

1. Накачиваем колесо до 2,0 атм.

2. Увеличиваем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки

в трех точках:

$$1_T = 8 \text{ мм}$$

$$2_T = 12 \text{ мм}$$

$$3_T = 16 \text{ мм}$$

3. Уменьшаем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки в

двух точках

$$2_{ТХ} = 13 \text{ мм}$$

$$1_{ТХ} = 10 \text{ мм}$$

4. Строим график:

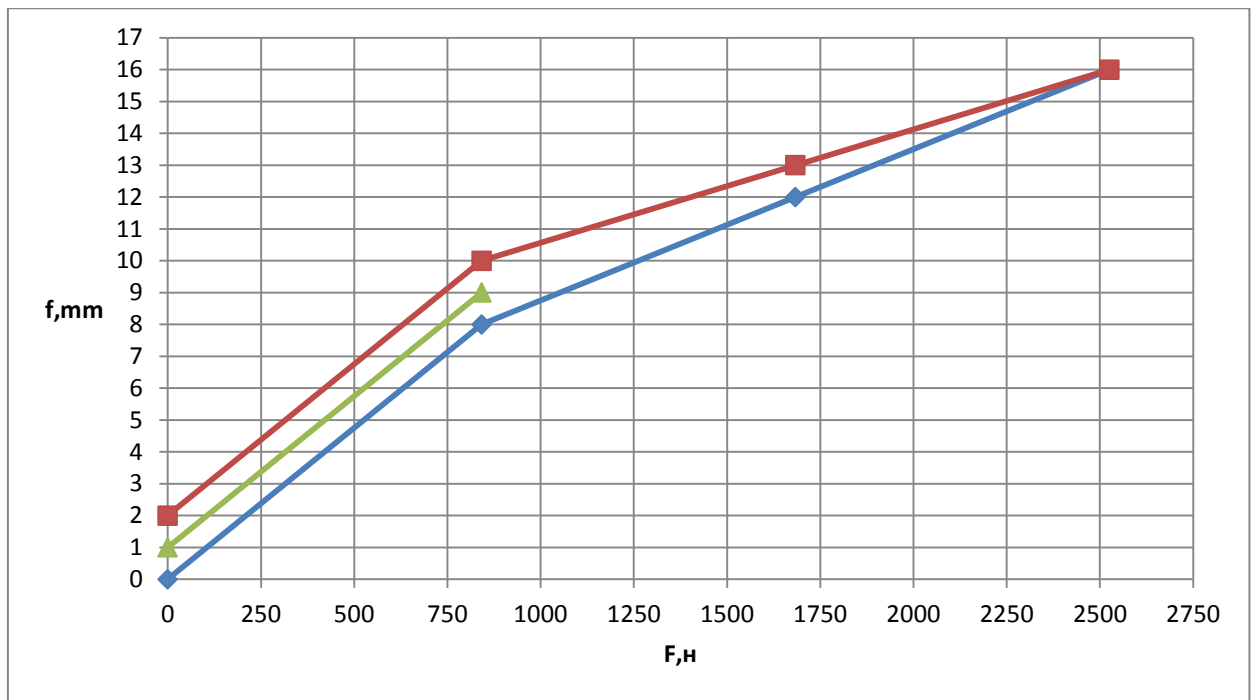


Рисунок 2.25- Зависимость деформации зимней шины 2,0атм. От приложенной к колесу продольной силы.

Определяем продольную жесткость шины по формуле 2.32:

$$\frac{842}{9} = 93,5 \text{ Н/мм}$$

Зимняя резина 2,2атм.

1. Увеличиваем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки в трех точках:

$$1_{\Gamma} = 7\text{мм}$$

$$2_{\Gamma} = 11\text{мм}$$

$$3_{\Gamma} = 15\text{мм}$$

2. Уменьшаем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки в двух точках

$$2_{\Gamma X} = 12\text{мм}$$

$$1_{\Gamma X} = 9\text{мм}$$

3. Строим график:

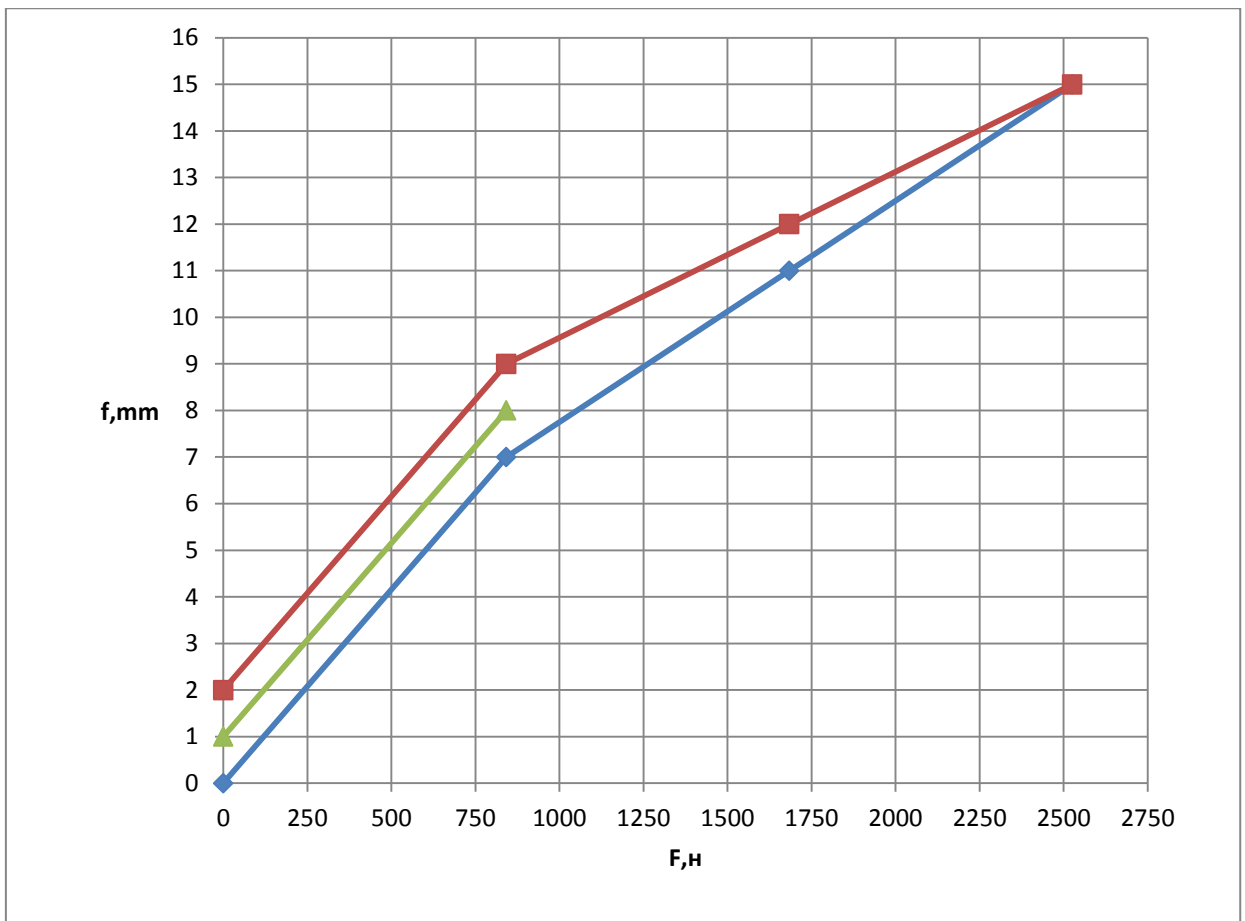


Рисунок 2.26- Зависимость деформации зимней шины 2,2атм. От приложенной к колесу продольной силы.

Определяем продольную жесткость шины по формуле 2.32:

$$\frac{842}{8} = 105,3 \text{ Н/мм}$$

Строим график:

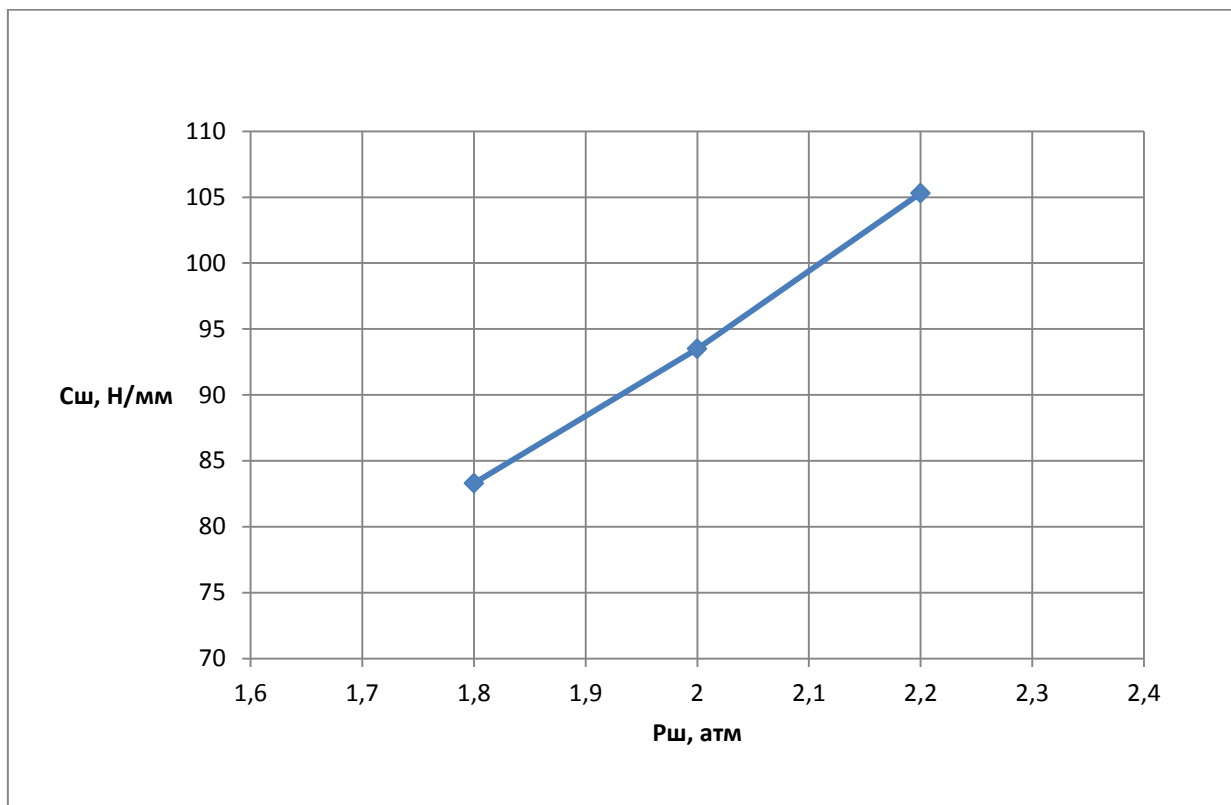


Рисунок 2.27- Зависимость жесткости зимней шины от давления.

На данном графике при увеличении давления наблюдаем линейную зависимость увеличения жесткости шины

Летняя резина 1,8 атм.

1. Устанавливаем колесо на стенд
2. Увеличиваем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки

в трех точках:

$$1_{т} = 11\text{мм}$$

$$2_{т} = 15\text{мм}$$

$$3_{т} = 20\text{мм}$$

3. Уменьшаем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки в

двух точках

$$2_{тх} = 16\text{мм}$$

1_{ТХ} = 14мм

4. Строим график:

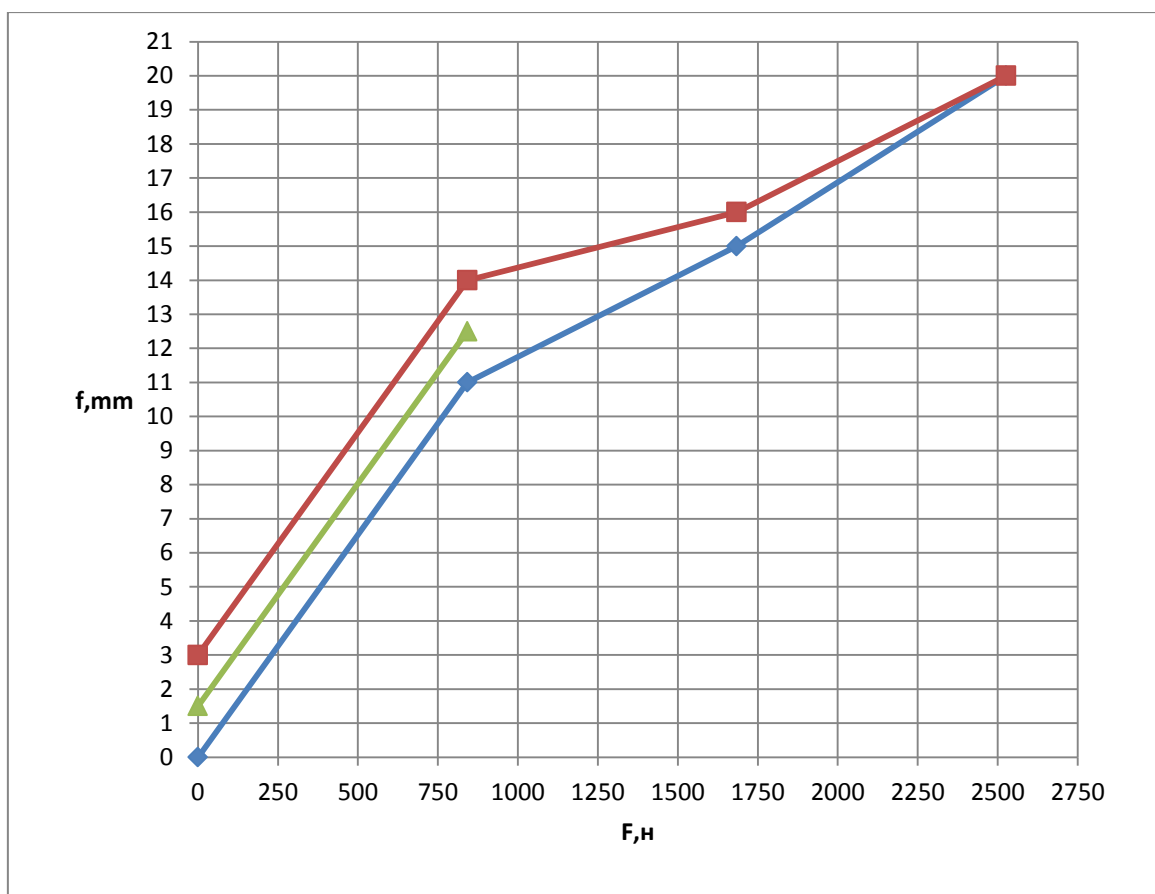


Рисунок 2.28- Зависимость деформации летней шины 1,8атм. От приложенной к колесу продольной силы.

Определяем продольную жесткость шины по формуле 2.32:

$$\frac{500}{8} = 62,5 \text{ Н/мм}$$

Летняя резина 2,0 атм.

1. Увеличиваем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки в трех точках:

1_Т = 10мм

2_Т = 15мм

3_Т = 20мм

2. Уменьшаем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки в

двух точках

$$2_{ТХ} = 16\text{мм}$$

$$1_{ТХ} = 13\text{мм}$$

3. Строим график:

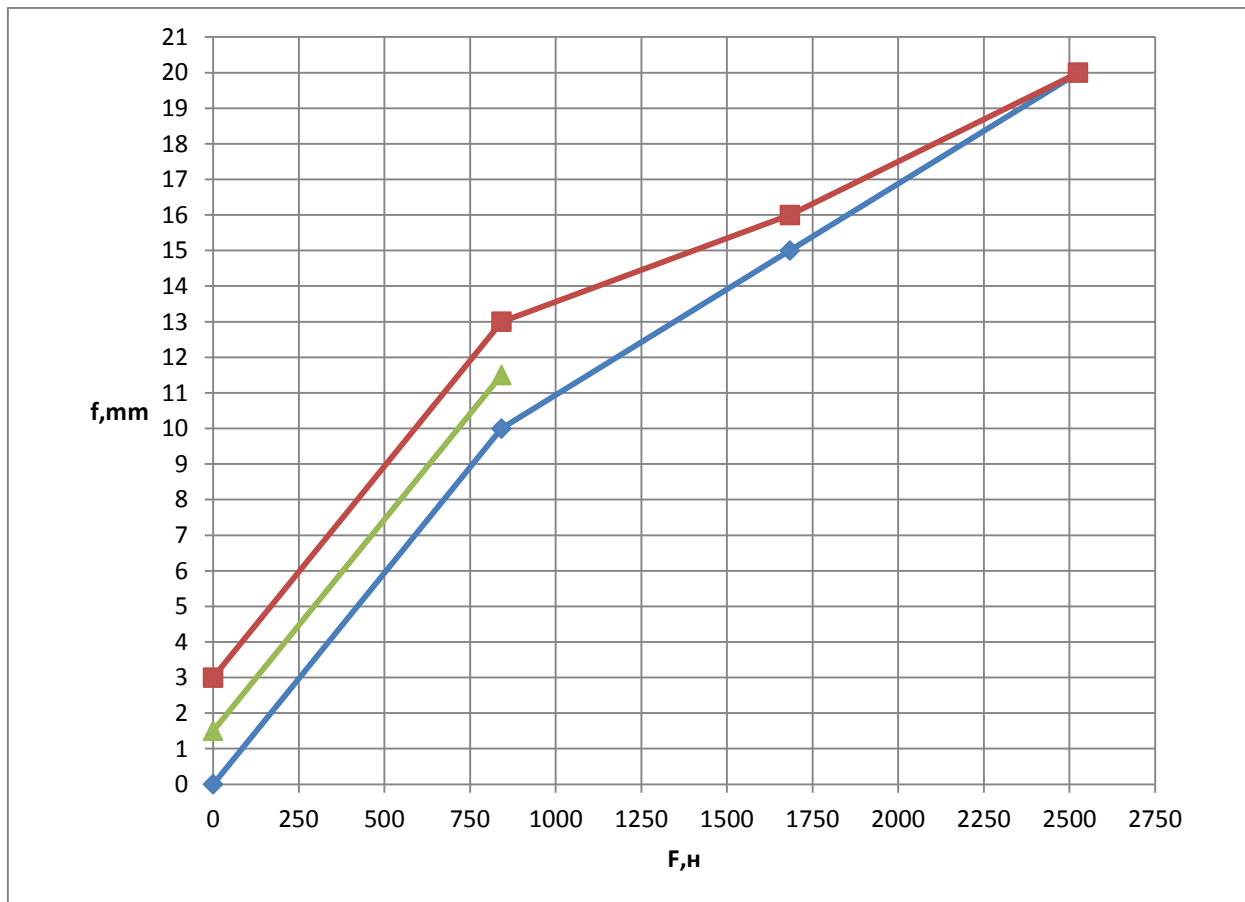


Рисунок 2.29- Зависимость деформации летней шины 2,0атм. От приложенной к колесу продольной силы.

Определяем продольную жесткость шины по формуле 2.32:

$$\frac{842}{11,5} = 73,2 \text{ Н/мм}$$

Летняя резина 2,2 атм.

1. Увеличиваем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки в трех точках:

$$1_T = 8\text{мм}$$

$$2_T = 12\text{мм}$$

$$3_T = 16\text{мм}$$

2. Уменьшаем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки в двух точках

$$2_{ТХ} = 13\text{мм}$$

$$1_{ТХ} = 10\text{мм}$$

3. Строим график:

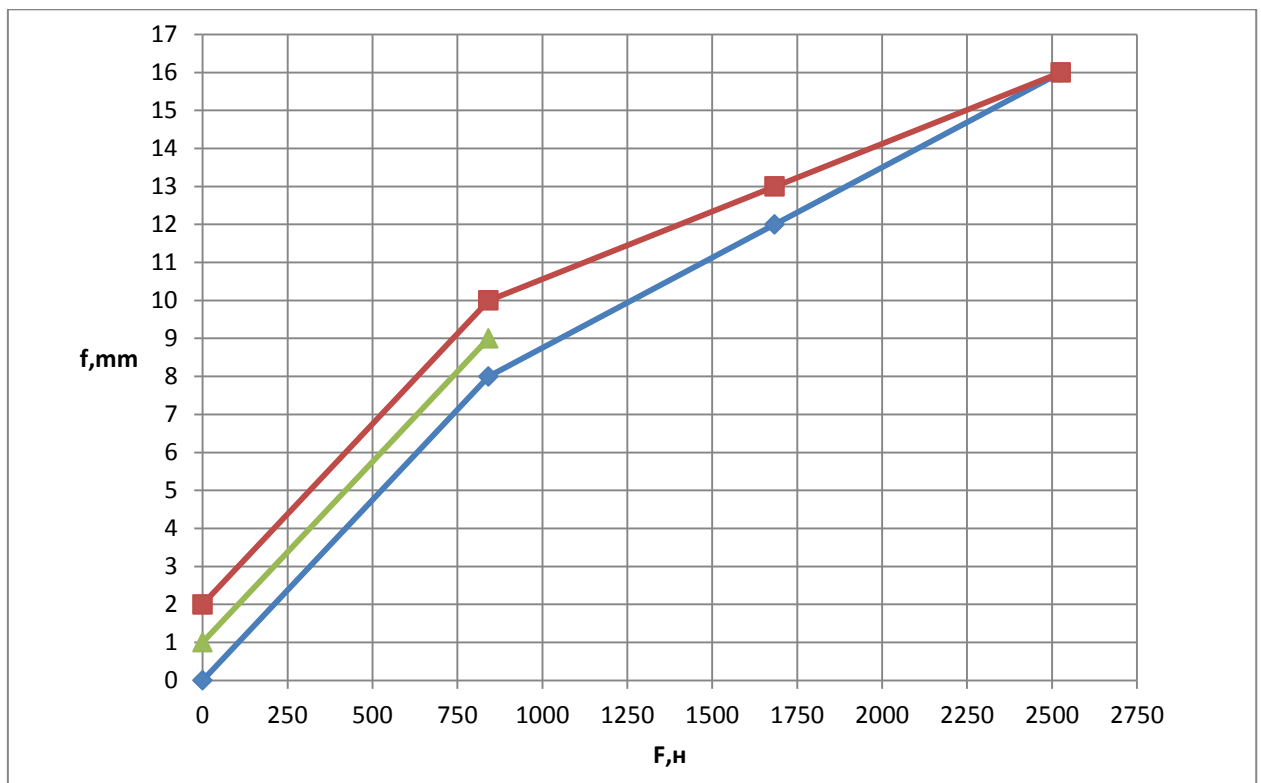


Рисунок 2.30- Зависимость деформации летней шины 2,2атм. От приложенной к колесу продольной силы.

Определяем продольную жесткость шины по формуле 2.32:

$$\frac{842}{9} = 93,6 \text{ Н/мм}$$

Строим график:

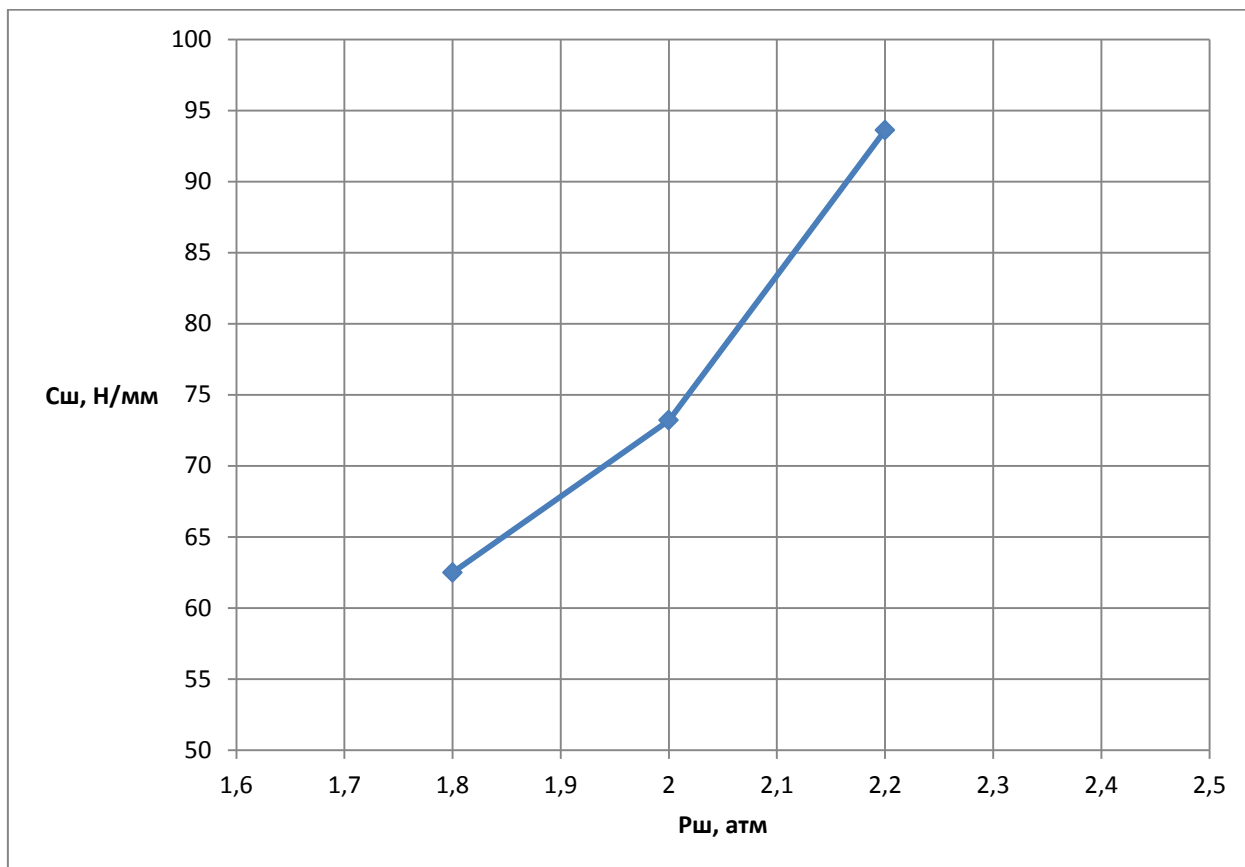


Рисунок 2.31 – Зависимость продольной жесткости летней шины от давления.

На данном графике при увеличении давления наблюдаем примерную линейную зависимость увеличения жесткости шины.

По показаниям графиков можем определить, что жесткость летней шины меньше, чем жесткость зимней шины.

2.4.Определение поперечной жесткости шины

Зимняя резина 1,8 атм.

1. Устанавливаем колесо на стенд
2. Увеличиваем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки

в трех точках:

$$1_T = 7 \text{ мм}$$

$$2_T = 12 \text{ мм}$$

$$3_T = 23 \text{ мм}$$

3. Уменьшаем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки в двух точках

$$2_{ТХ} = 14 \text{ мм}$$

$$1_{ТХ} = 9 \text{ мм}$$

4. Строим график:

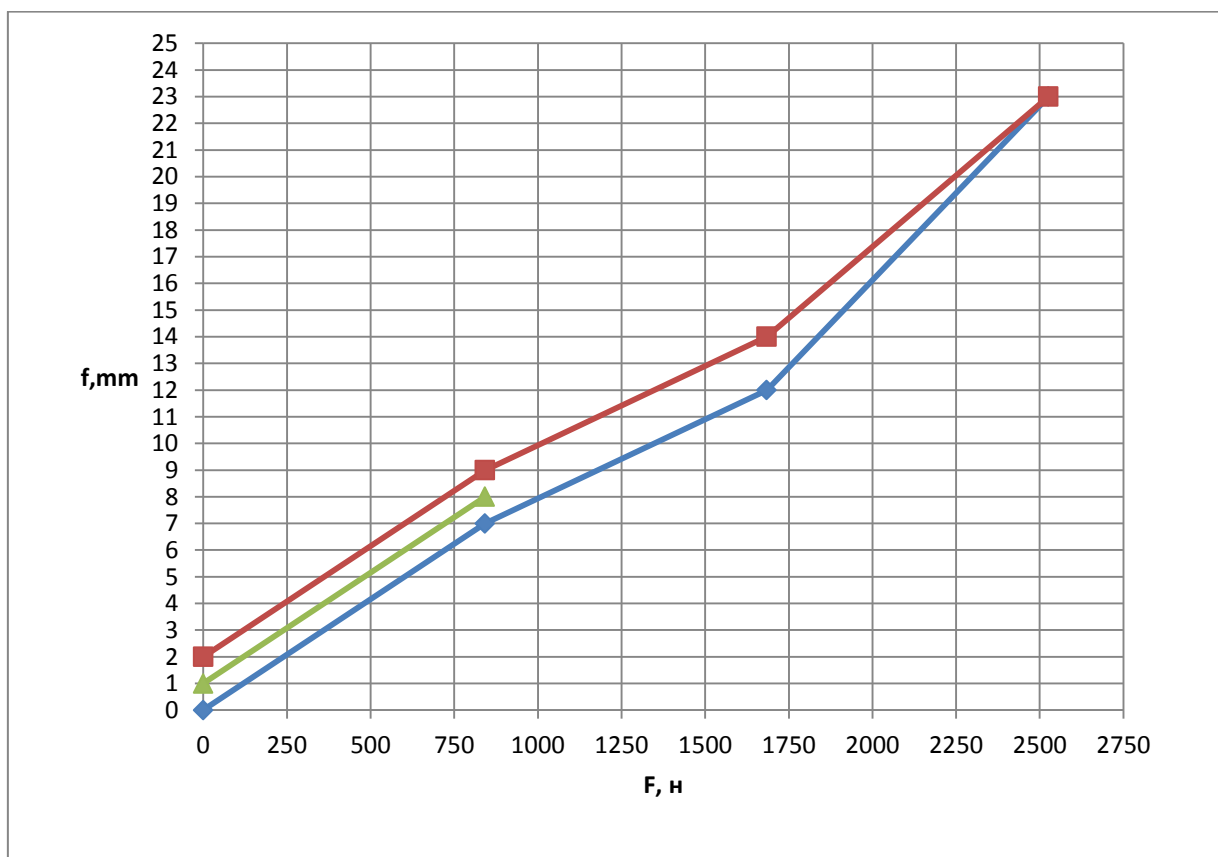


Рисунок 2.34- зависимость деформации зимней шины 1,8атм. От приложенной к колесу поперечной силы

Определяем поперечную жесткость шины по формуле 2.33:

$$\frac{\Delta F_H}{\Delta f} \quad (2.33)$$

$$\frac{842}{8} = 105,3 \text{ Н/мм}$$

Зимняя резина 2,0 атм.

1. Увеличиваем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки в трех точках:

$$1_T = 5 \text{ мм}$$

$$2_T = 11 \text{ мм}$$

$$3_T = 18 \text{ мм}$$

2. Уменьшаем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки в двух точках

$$2_{ТХ} = 13 \text{ мм}$$

$$1_{ТХ} = 10 \text{ мм}$$

3. Строим график:

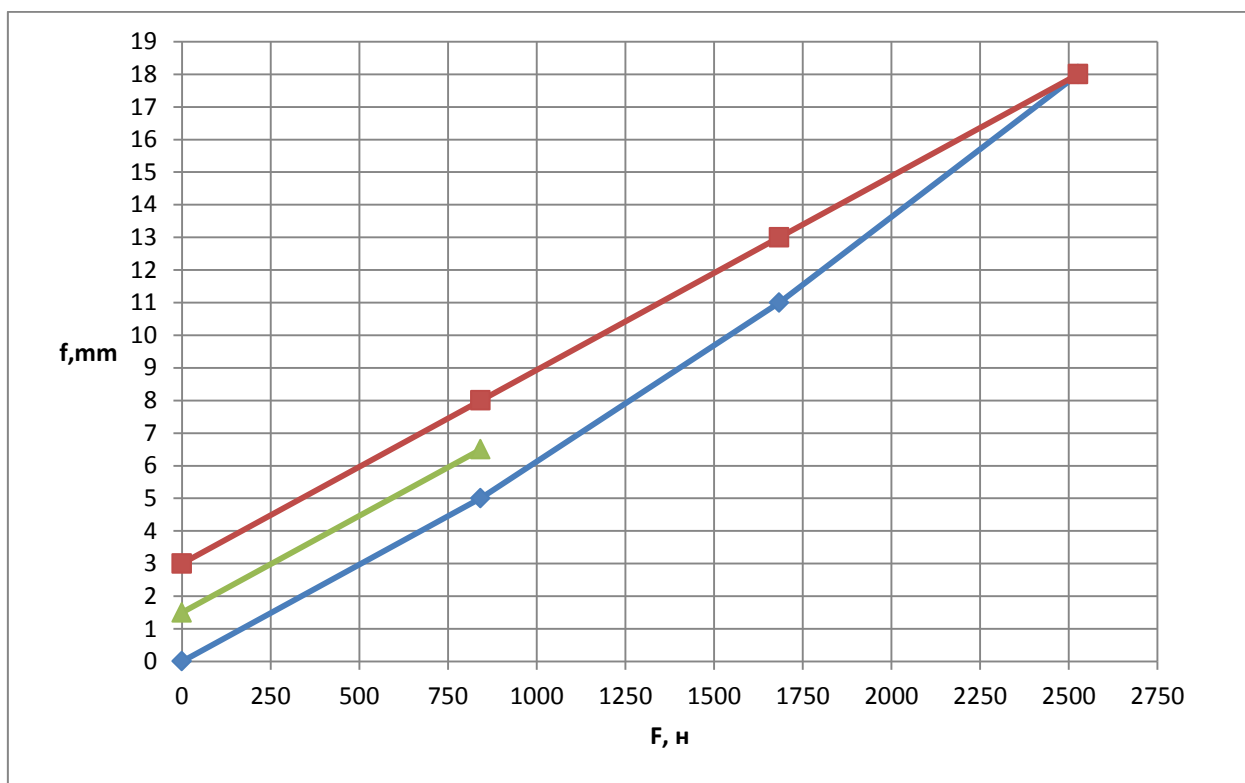


Рисунок 2.35- зависимость деформации зимней шины 2,0атм. От приложенной к колесу поперечной силы

Определяем поперечную жесткость шины по формуле 2.33

$$\frac{750}{6} = 125 \text{ Н/мм}$$

Зимняя резина 2,2 атм.

1. Увеличиваем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки в трех точках:

$$1_{\Gamma} = 4\text{мм}$$

$$2_{\Gamma} = 9\text{мм}$$

$$3_{\Gamma} = 16\text{мм}$$

2. Уменьшаем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки в двух точках

$$2_{\Gamma X} = 11\text{мм}$$

$$1_{\Gamma X} = 9\text{мм}$$

3. Строим график:

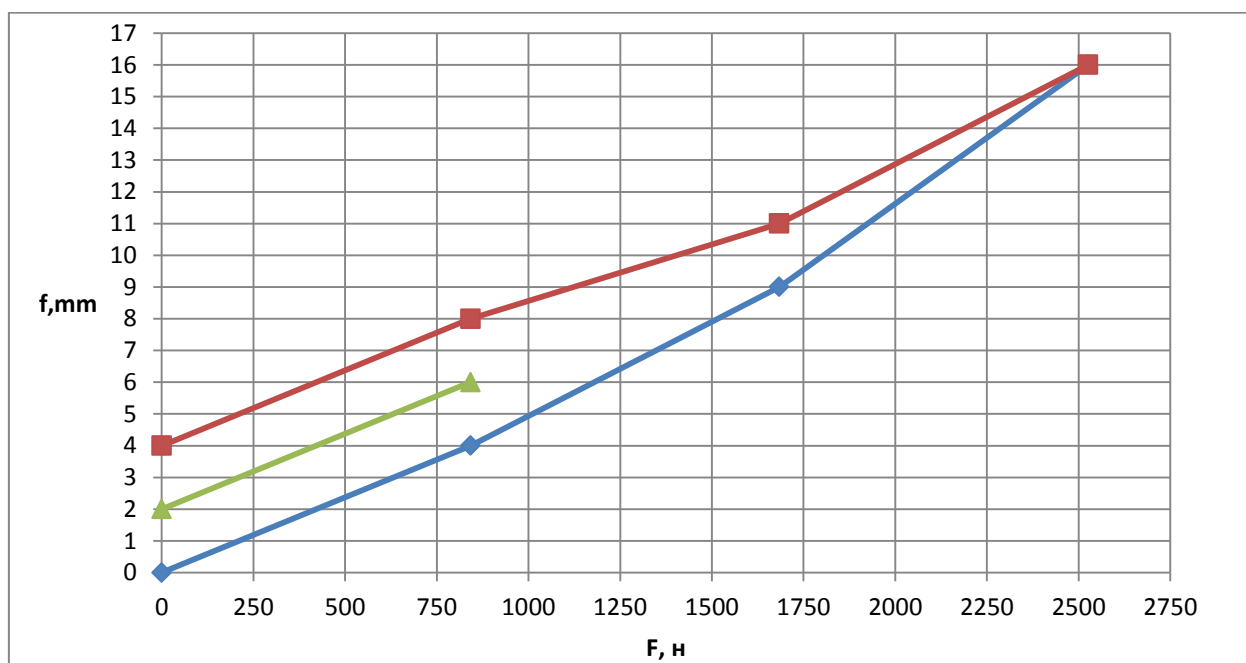


Рисунок 2.36- зависимость деформации зимней шины 2,2атм. От приложенной к колесу поперечной силы

Определяем поперечную жесткость шины по формуле 2.33:

$$\frac{842}{6} = 140,3 \text{ Н/мм}$$

Строим график:

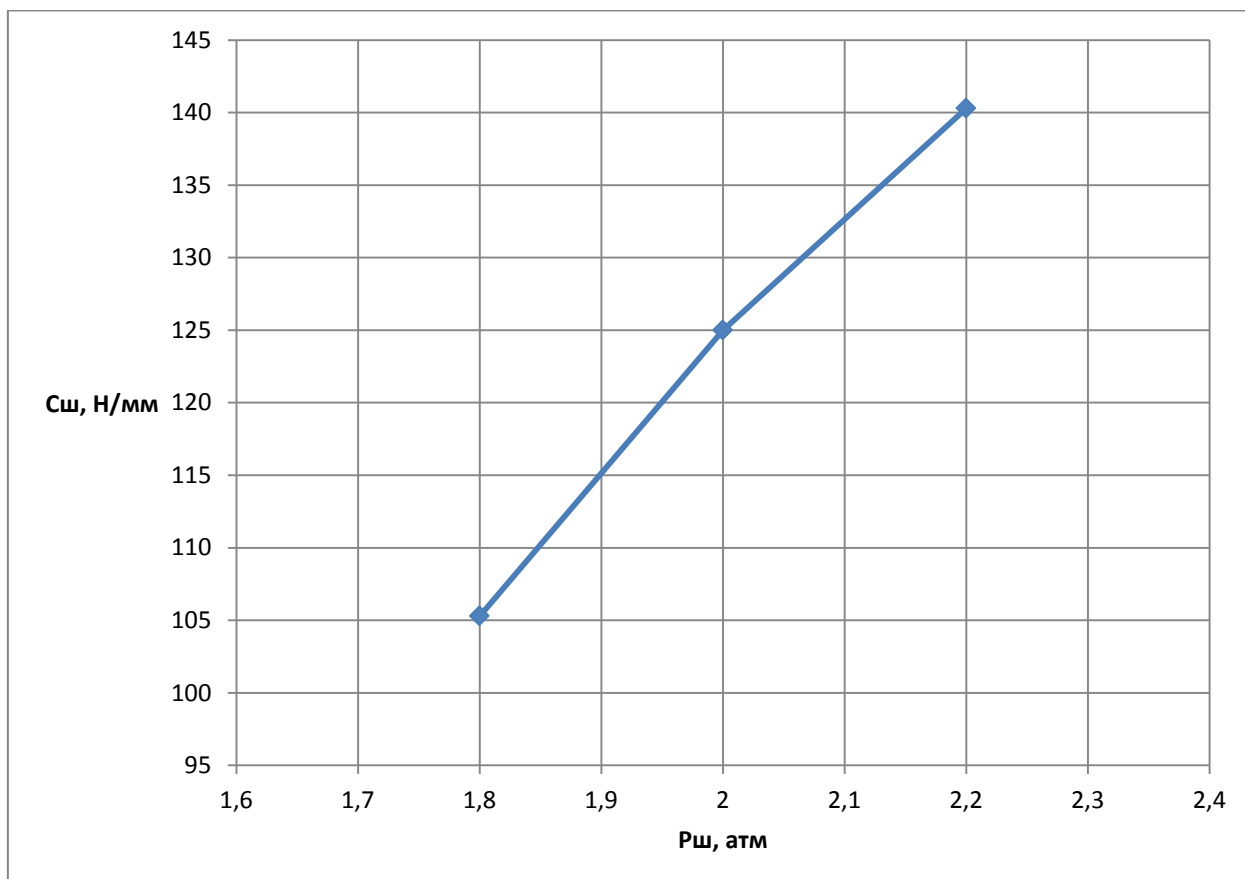


Рисунок 2.37 – зависимость поперечной жесткости зимней шины от давления

На данном графике при увеличении давления наблюдаем примерную линейную зависимость увеличения жесткости шины.

Летняя резина 1,8 атм.

1. Устанавливаем колесо на стенд
2. Увеличиваем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки

в трех точках:

$$1_T = 8\text{мм}$$

$$2_T = 11\text{мм}$$

$$3_T = 15\text{мм}$$

3. Уменьшаем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки в

двух точках

$$2_{ТХ} = 12\text{мм}$$

$$1_{ТХ} = 11\text{мм}$$

4. Строим график:

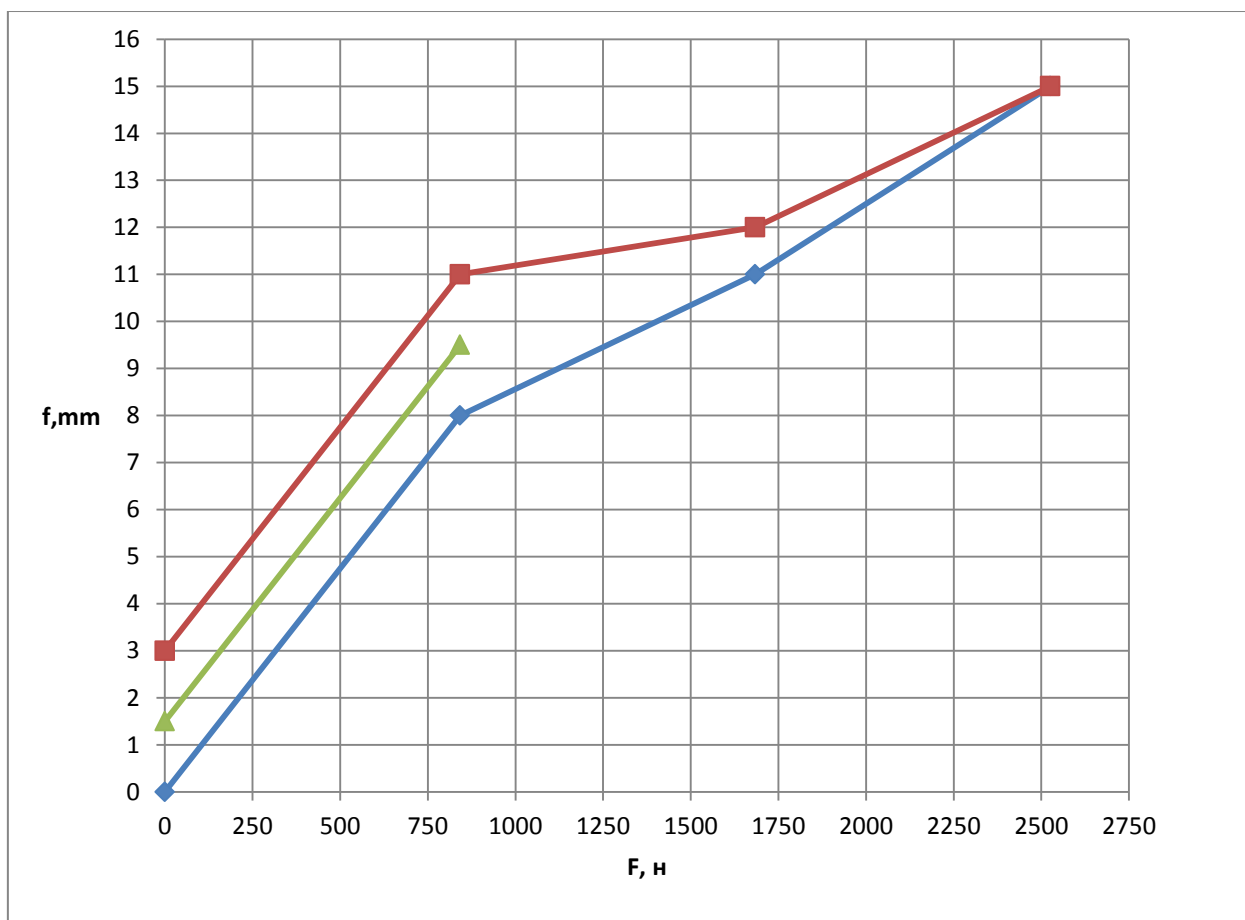


Рисунок 2.38 – зависимость деформации летней шины 1,8атм. От приложенной к колесу поперечной силы

Определяем поперечную жесткость шины по формуле 2.33:

$$\frac{842}{9,5} = 88,6 \text{ Н/мм}$$

Летняя резина 2,0 атм.

1. Увеличиваем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки в трех точках:

$$1_T = 7\text{мм}$$

$$2_T = 9\text{мм}$$

$$3_T = 12\text{мм}$$

2. Уменьшаем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки в двух точках

$$2_{ТХ} = 11\text{мм}$$

$$1_{ТХ} = 9\text{мм}$$

3. Строим график:

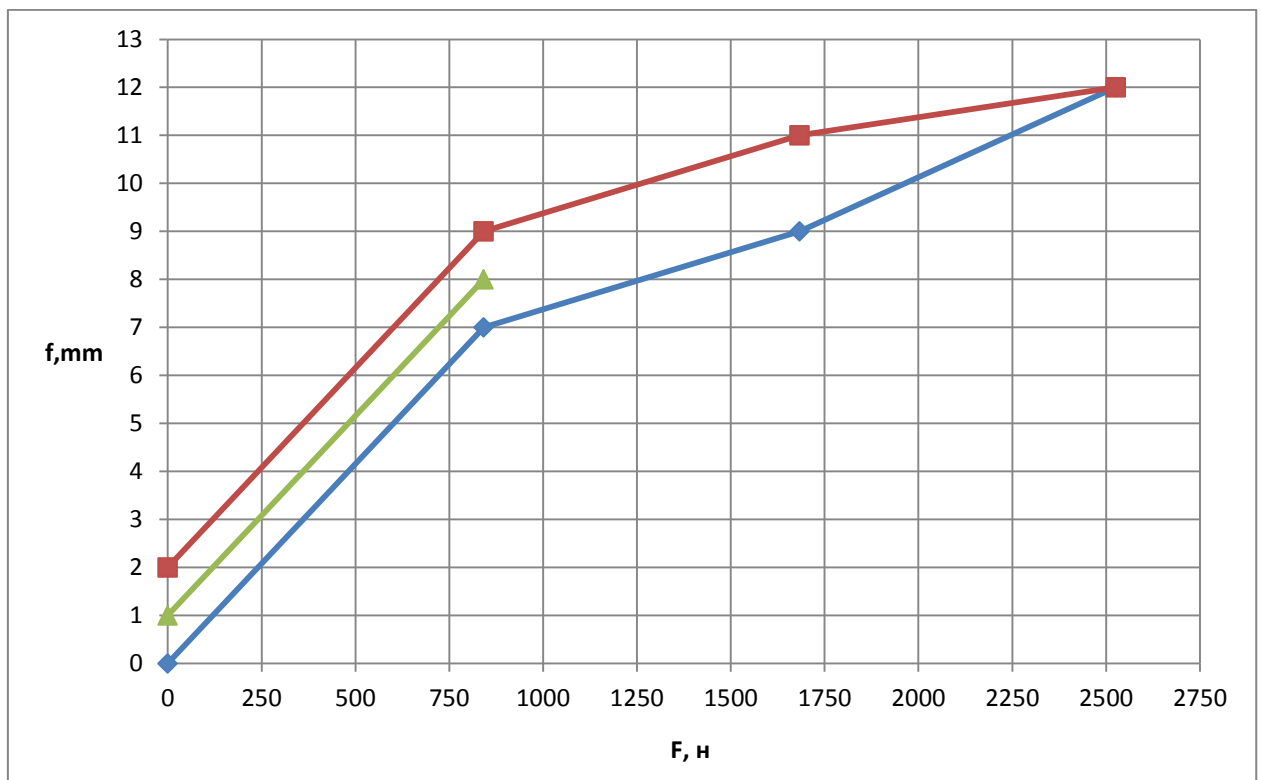


Рисунок 2.39 – зависимость деформации летней шины 2,0атм. От приложенной к колесу поперечной силы

Определяем поперечную жесткость шины по формуле 2.33:

$$\frac{842}{8} = 105,3 \text{ Н/мм}$$

Летняя резина 2,2 атм.

1. Увеличиваем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки в трех точках:

$$1_T = 6\text{мм}$$

$$2_T = 8\text{мм}$$

$$3_T = 11\text{мм}$$

2. Уменьшаем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки в двух точках

$$2_{ТХ} = 10\text{мм}$$

$$1_{ТХ} = 8\text{мм}$$

3. Строим график:

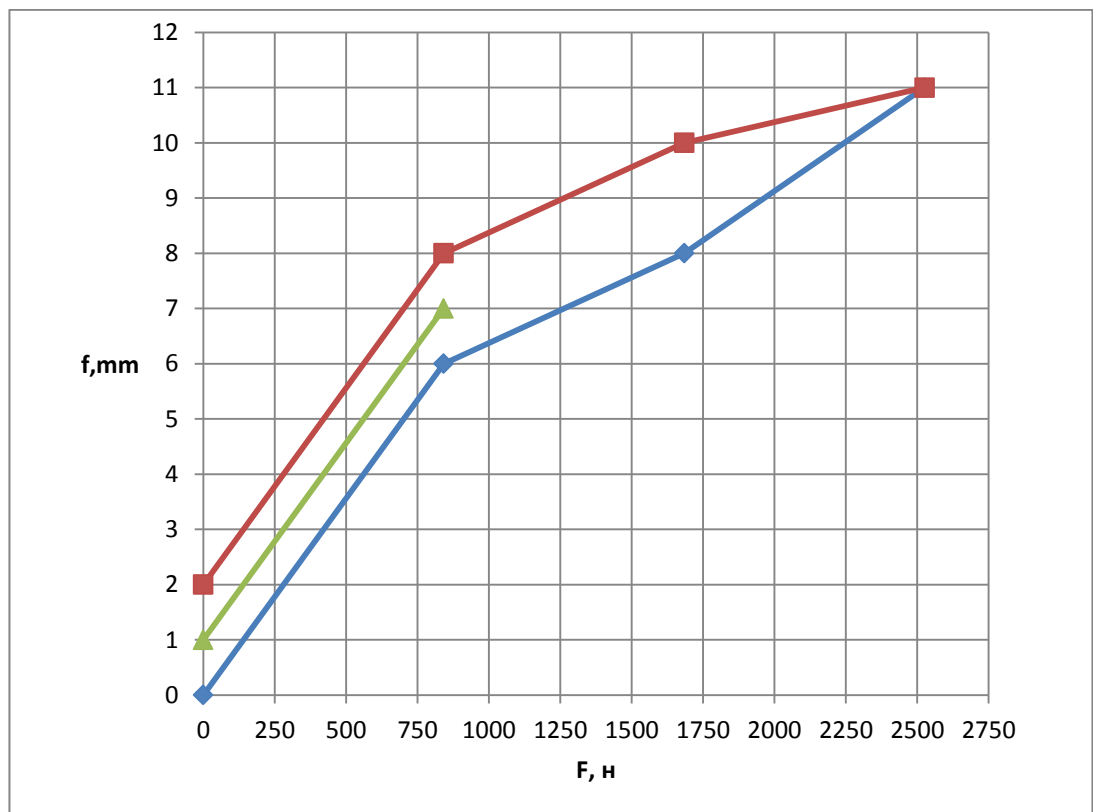


Рисунок 2.40 – зависимость деформации летней шины 2,2атм. От приложенной к колесу поперечной силы

Определяем поперечную жесткость шины по формуле 2.33:

$$\frac{842}{7} = 120,3 \text{ Н/мм}$$

Строим график:

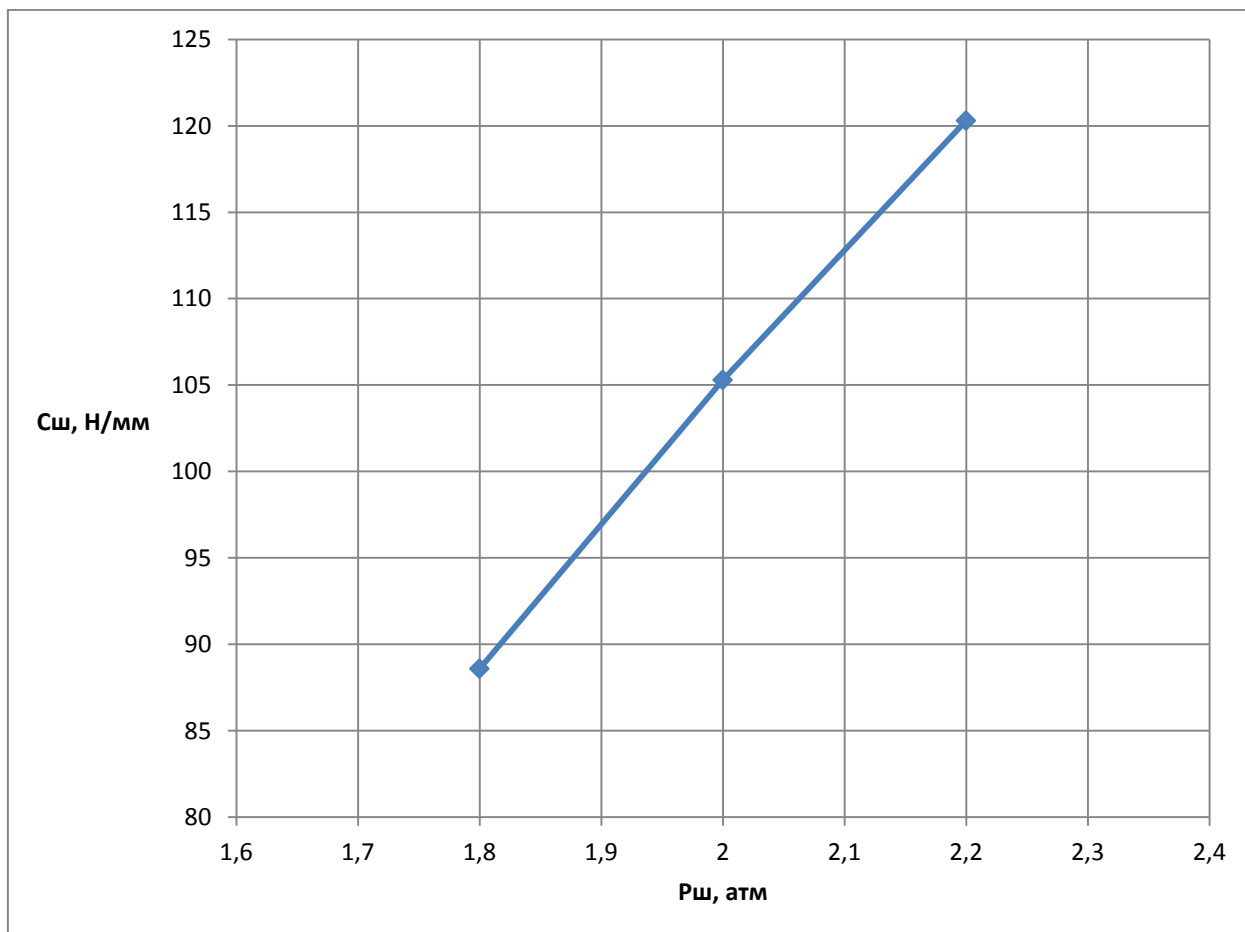


Рисунок 2.41 – Зависимость поперечной жесткости летней шины от давления

На данном графике при увеличении давления наблюдаем линейную зависимость увеличения жесткости шины.

По показаниям графиков можем определить, что жесткость летней шины меньше, чем жесткость зимней шины.

2.5 Определение крутильной жесткости шины

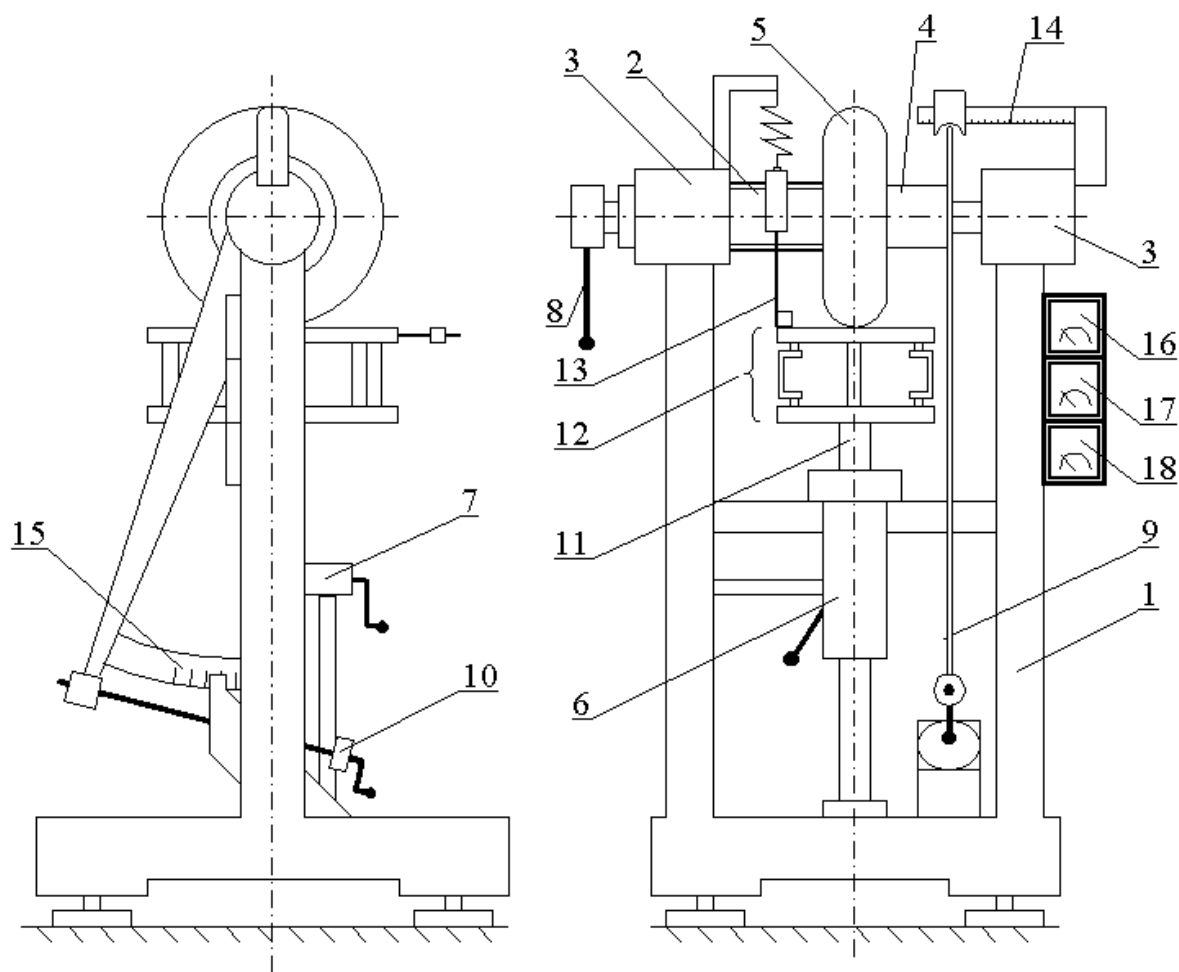


Рисунок 2.42 – Стенд для измерения статических упругих характеристик шин легковых автомобилей.

«Стенд предназначен для измерения статических упругих характеристик шин легковых автомобилей, а также для определения пятна контакта шины с опорной поверхностью и статического радиуса колеса.

Основные технические данные стенда

В основе работы стенда лежит метод деформации шины под действием известной (заданной) статической нагрузки (силы или момента).

Стенд (рис. 25) содержит раму 1, вал 2, установленный в подшипниковых опорах 3. Вал 2 жестко связан при помощи ступицы 4 с испытуемым колесом 5. В центральной стойке 6 рамы 1 помещено устройство для создания радиальной нагрузки на шину, представляющее собой механический домкрат 7. В левой подшипниковой опоре 3 установлено устройство для создания боковой нагрузки на шину, состоящее из пары винт-гайка и приводимое в действие рукояткой 8. Устройство для создания моментов кручения состоит из рычага 9, жестко связанного со ступицей 4 и длинноходового винтового механизма 10. На штоке 11 устройства для создания радиальной нагрузки жестко установлен силоизмерительный узел 12, состоящий из двух параллельных силовоспринимающих плит и установленных между ними чувствительных элементов, на которые наклеены тензорезисторы. Шкала мерительной линейки 13 для измерения радиальной деформации шины шарнирно соединена с силоизмерительным узлом 12, а её движок с помощью вилки зафиксирован относительно вала 2. Движок линейки 14 зафиксирован относительно ребра рычага 9, а шкала шарнирно связана с правой подшипниковой опорой 3. На кронштейне рамы 1 установлена шкала 15 для замера углов закручивания шины. На правой стойке рамы 1 размещены регистрирующие приборы (миллиамперметры) 16, 17, 18.

В состав стенда также входит тензометрический усилитель 8АНЧ-7М (на рис. Не показан). Ниже приведены технические характеристики стенда.

Предельный размер испытуемых шин:	185-355
Диапазон измерения силы, Н»[18]	
«радиальной	0-5000
боковой	0-2000
тангенциальной	0-2500
Ход силоизмерительной площадки, мм.	150
Ход фланца крепления колеса, мм.	40
Угол поворота относительно площадки, град.	10

7М	Измерительная аппаратура:	тензометрический Усилитель 8АНЧ-
	Регистрирующая аппаратура:	миллиамперметр М906 – 3 шт.»[18]

Рисунок 2.43 – Окружная деформация шины.

Рисунок 2.44 – Окружная деформация шины.

Перед началом испытаний определяется тарировочный коэффициент:

1. Устанавливаем на рычаг (9) динамометр перпендикулярно рычагу.
2. Прикладываем силу 252Н, снимаем показания по угловой шкале (15) = $10^\circ = 0,18\text{рад}$.
3. $K_T = 45,3\text{Н/1дел}$.

Окружная деформация шины

Летняя шина 1,8атм.

Длина рейки = 110см.

1. Устанавливаем колесо на стенд
2. Накачиваем колесо до 1,8 атм.
3. Увеличиваем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки в трех точках:

$$1_T = 17^\circ = 0,30 \text{ рад.}$$

$$2_T = 22^\circ = 0,38 \text{ рад.}$$

$$3_T = 25^\circ = 0,44 \text{ рад.}$$

4. Уменьшаем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки в двух точках

$$2_{ТХ} = 24^\circ = 0,42 \text{ рад.}$$

$$1_{ТХ} = 19^\circ = 0,33 \text{ рад.}$$

5. Строим график:

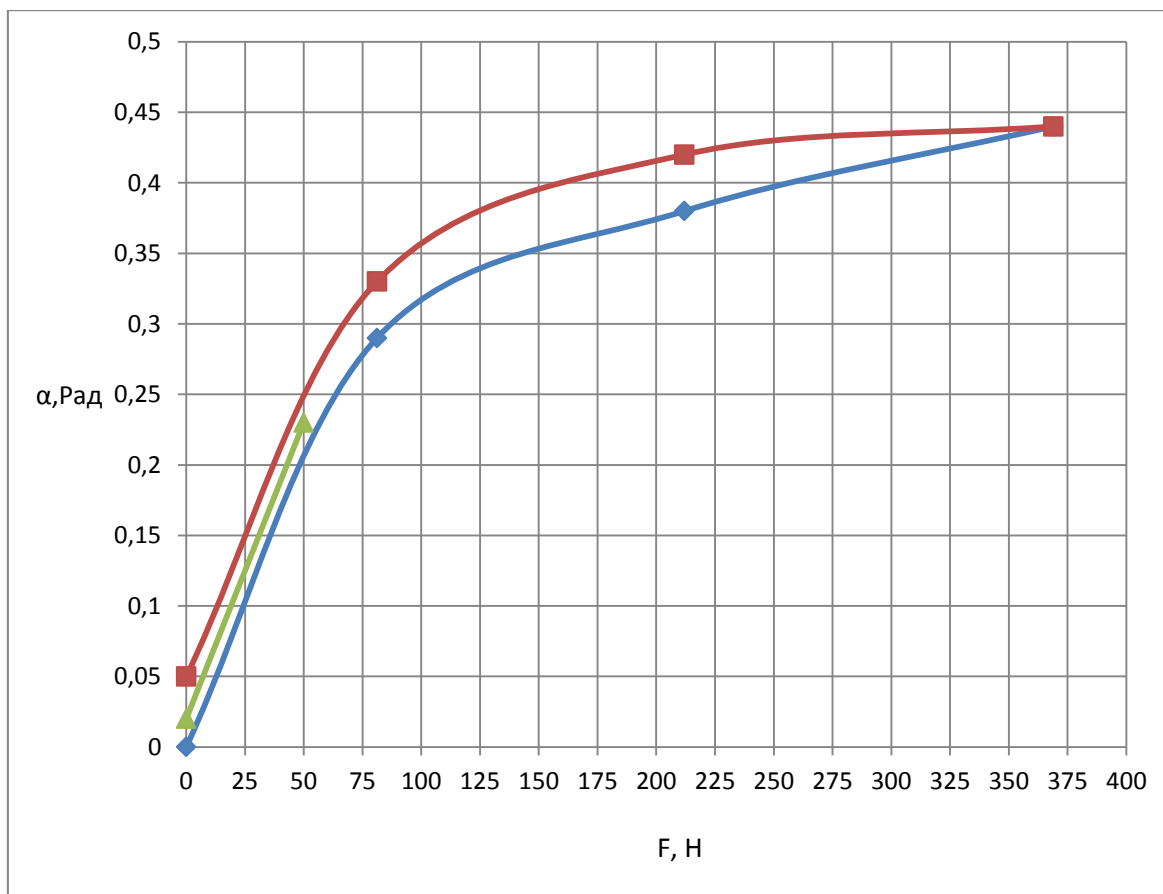


Рисунок 2.45 – зависимость деформации летней шины 1,8атм. От приложенной к колесу окружной силы

Определяем крутильную жесткость шины по формуле 2.34:

$$\frac{\Delta F_H}{\Delta \alpha, \text{ рад.}} \quad (2.34)$$

$$\frac{50}{0,23} = 217,4 \text{ Н/мм}$$

Летняя шина 2,0атм.

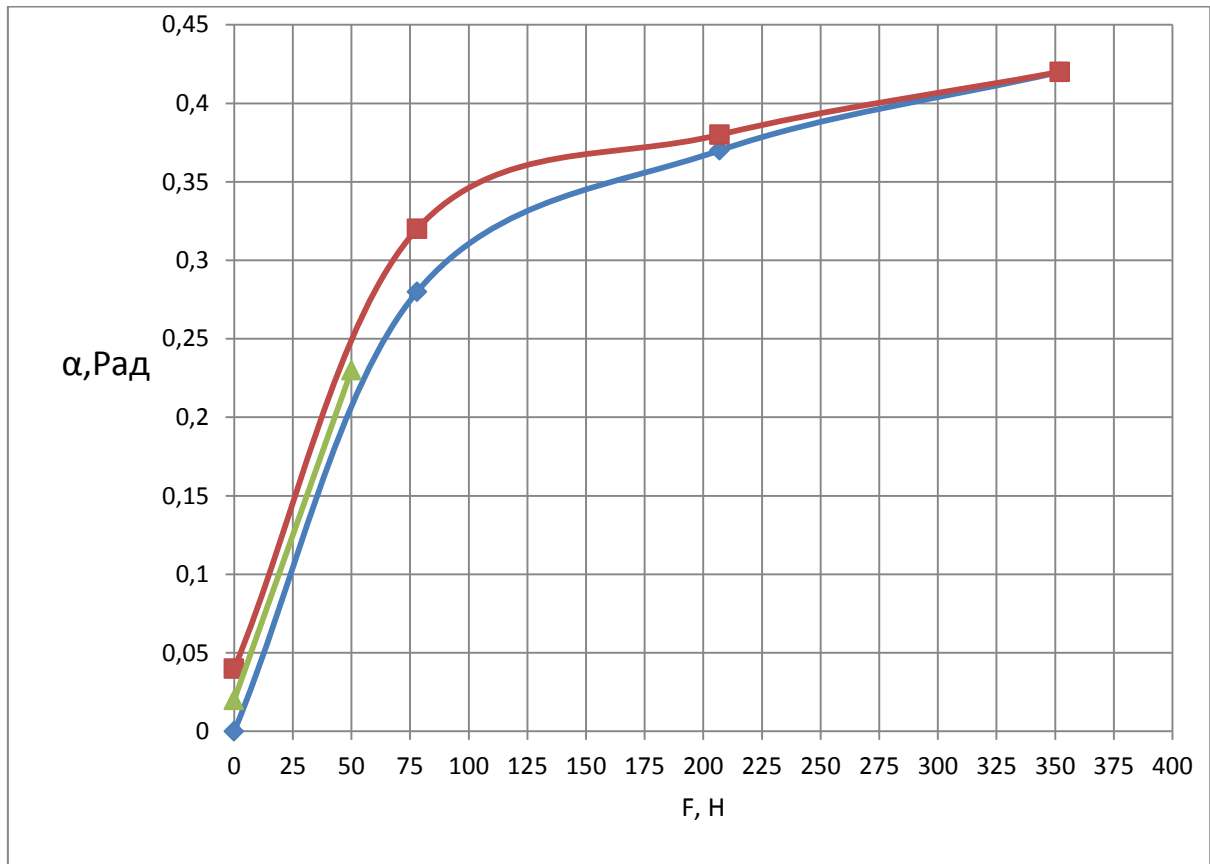


Рисунок 2.46 – зависимость деформации летней шины 2,0атм. От приложенной к колесу окружной силы

Определяем крутильную жесткость шины по формуле 2.34:

$$\frac{50}{0,22} = 227,3 \text{ Н/мм}$$

Летняя шина 2,2 атм.

1. Устанавливаем колесо на стенд
2. Накачиваем колесо до 2,2 атм.
3. Увеличиваем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки

в трех точках:

$$1_T = 15^\circ = 0,28 \text{ рад.}$$

$$2_T = 20^\circ = 0,35 \text{ рад.}$$

$$3_T = 24^\circ = 0,42 \text{ рад.}$$

4. Уменьшаем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки в двух точках

$$2_{ТХ} = 23^\circ = 0,40 \text{ рад.}$$

$$1_{ТХ} = 18^\circ = 0,31 \text{ рад.}$$

5. Строим график:

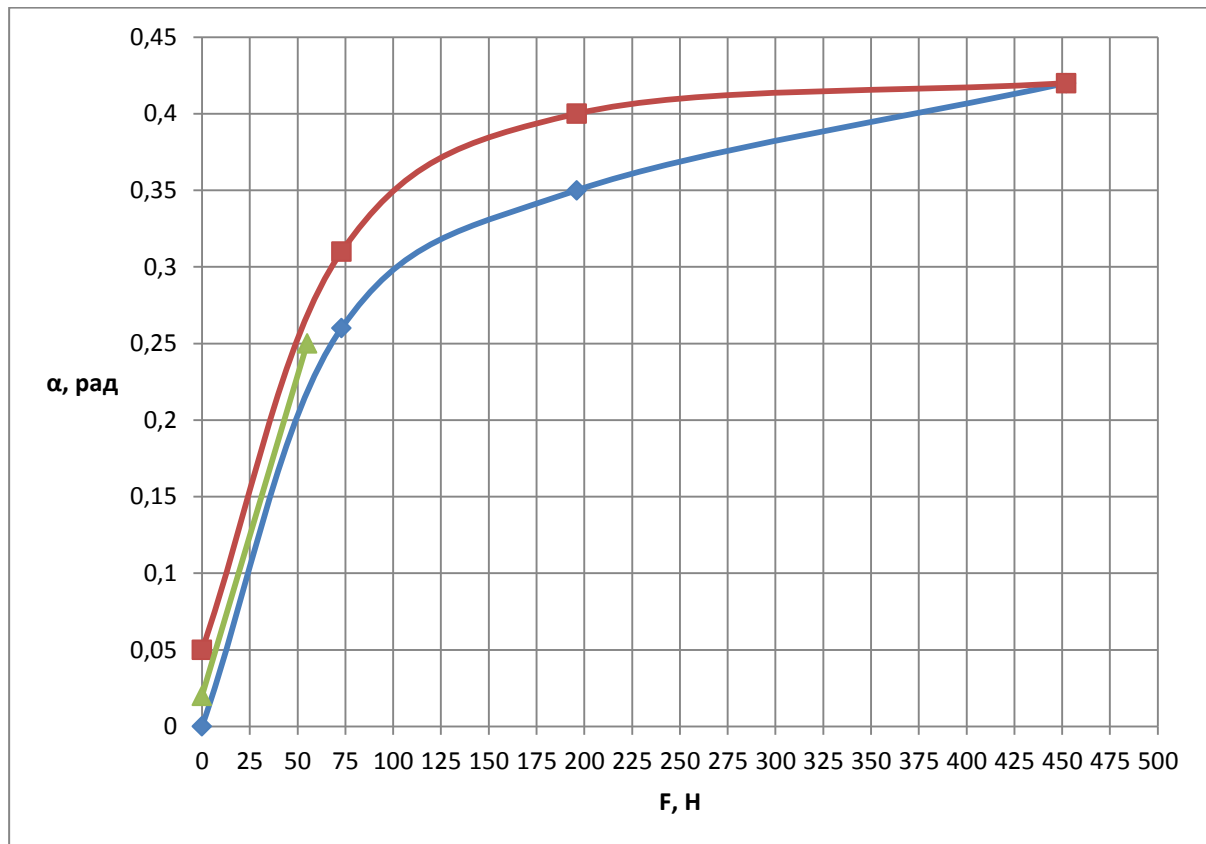


Рисунок 2.47 – зависимость деформации летней шины 2,2атм. От приложенной к колесу окружной силы

Определяем крутильную жесткость шины по формуле 2.34:

$$\frac{50}{0,21} = 238 \text{ Н/мм}$$

Строим график:

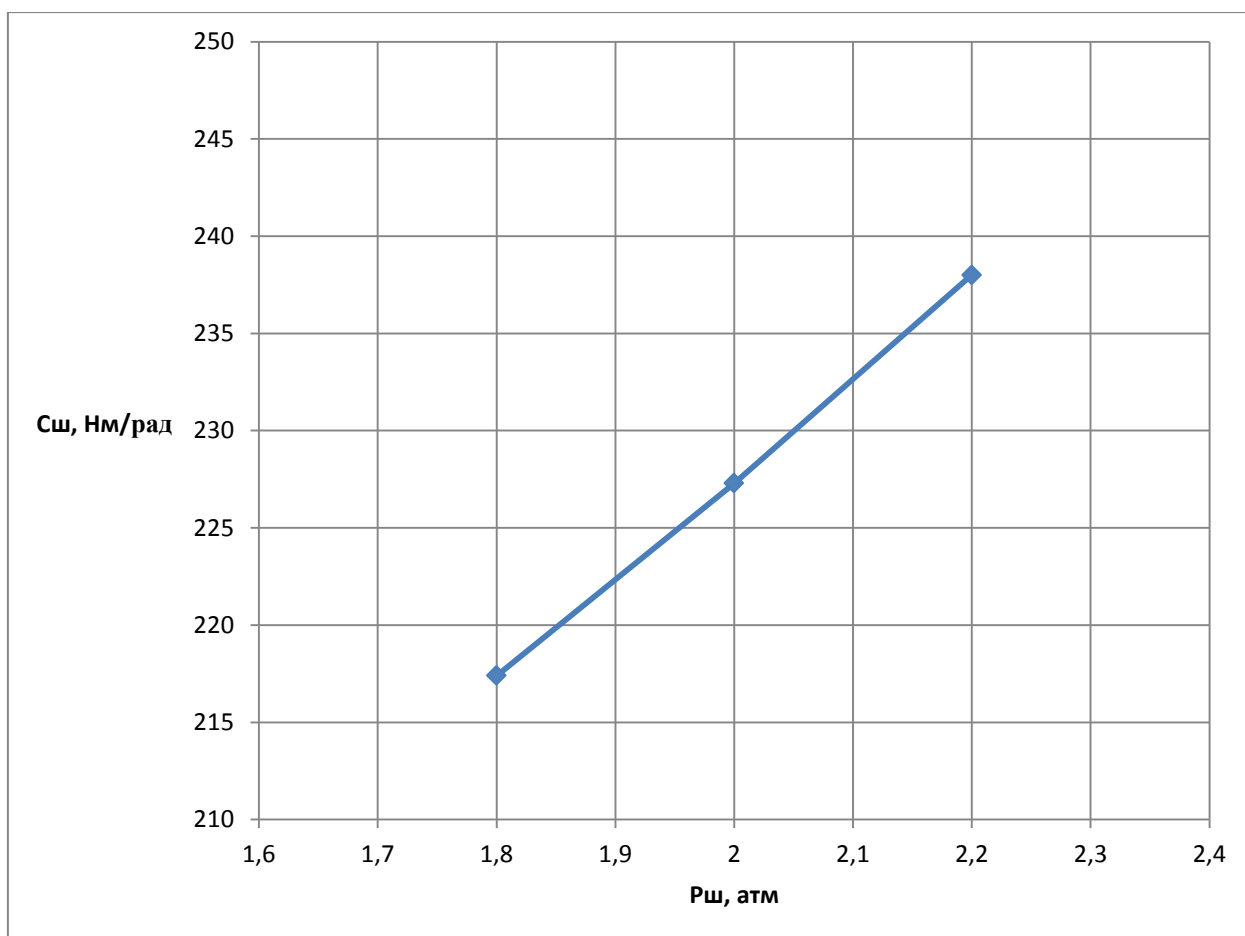


Рисунок 2.48 – Зависимость крутильной жесткости летней шины от давления

На данном графике при увеличении давления наблюдаем линейную зависимость увеличения жесткости шины.

Зимняя шина 1,8атм.

1. Устанавливаем колесо на стенд
2. Накачиваем колесо до 1,8 атм.
3. Увеличиваем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки

в трех точках:

$$1\tau = 17^\circ = 0,30 \text{ рад.}$$

$$2_T = 20^\circ = 0,35 \text{ рад.}$$

$$3_T = 23^\circ = 0,40 \text{ рад.}$$

4. Уменьшаем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки в двух точках

$$2_{ТХ} = 21^\circ = 0,37 \text{ рад.}$$

$$1_{ТХ} = 19^\circ = 0,33 \text{ рад.}$$

5. Строим график:

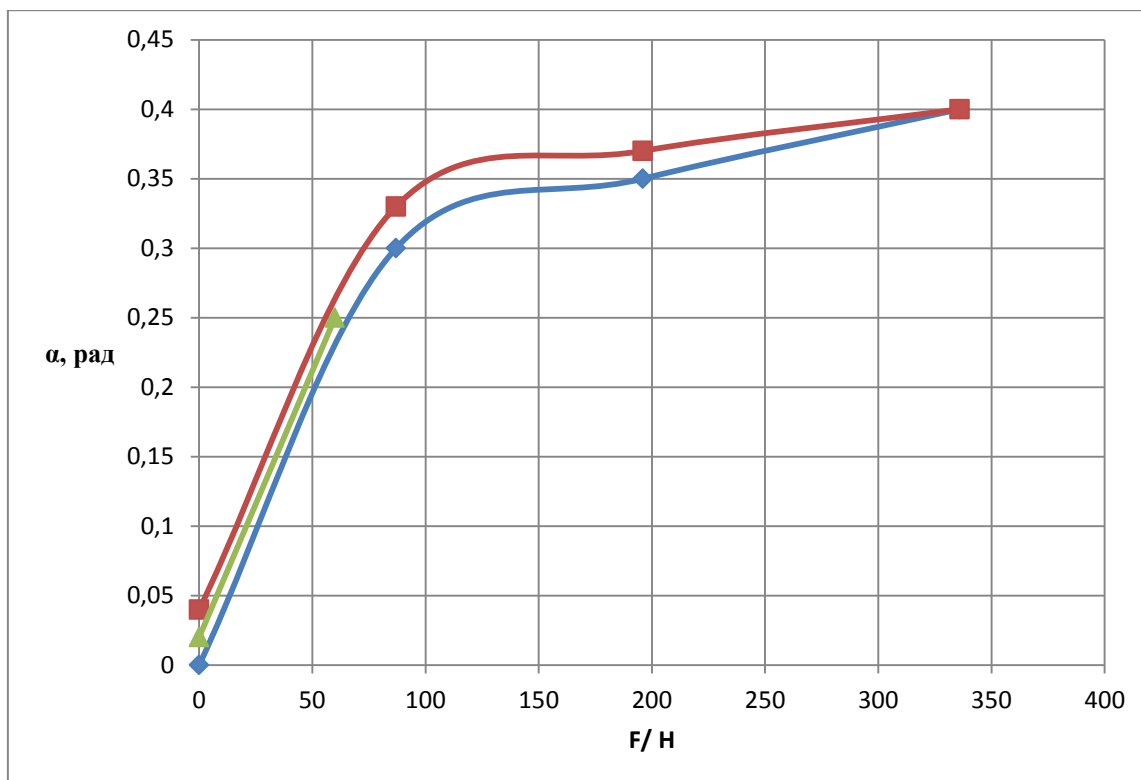


Рисунок 2.49 – зависимость деформации зимней шины 1,8 атм. От приложенной к колесу окружной силы

Определяем крутильную жесткость шины по формуле 2.34:

$$\frac{50}{0,20} = 250 \text{ Н/мм}$$

Зимняя шина 2,0 атм.

1. Накачиваем колесо до 2,0 атм.

2. Увеличиваем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки

в трех точках:

$$1_T = 14^\circ = 0,24 \text{ рад.}$$

$$2_T = 17^\circ = 0,30 \text{ рад.}$$

$$3_T = 19^\circ = 0,33 \text{ рад.}$$

3. Уменьшаем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки в двух точках

$$2_{ТХ} = 18^\circ = 0,31 \text{ рад.}$$

$$1_{ТХ} = 16^\circ = 0,28 \text{ рад.}$$

4. Строим график:

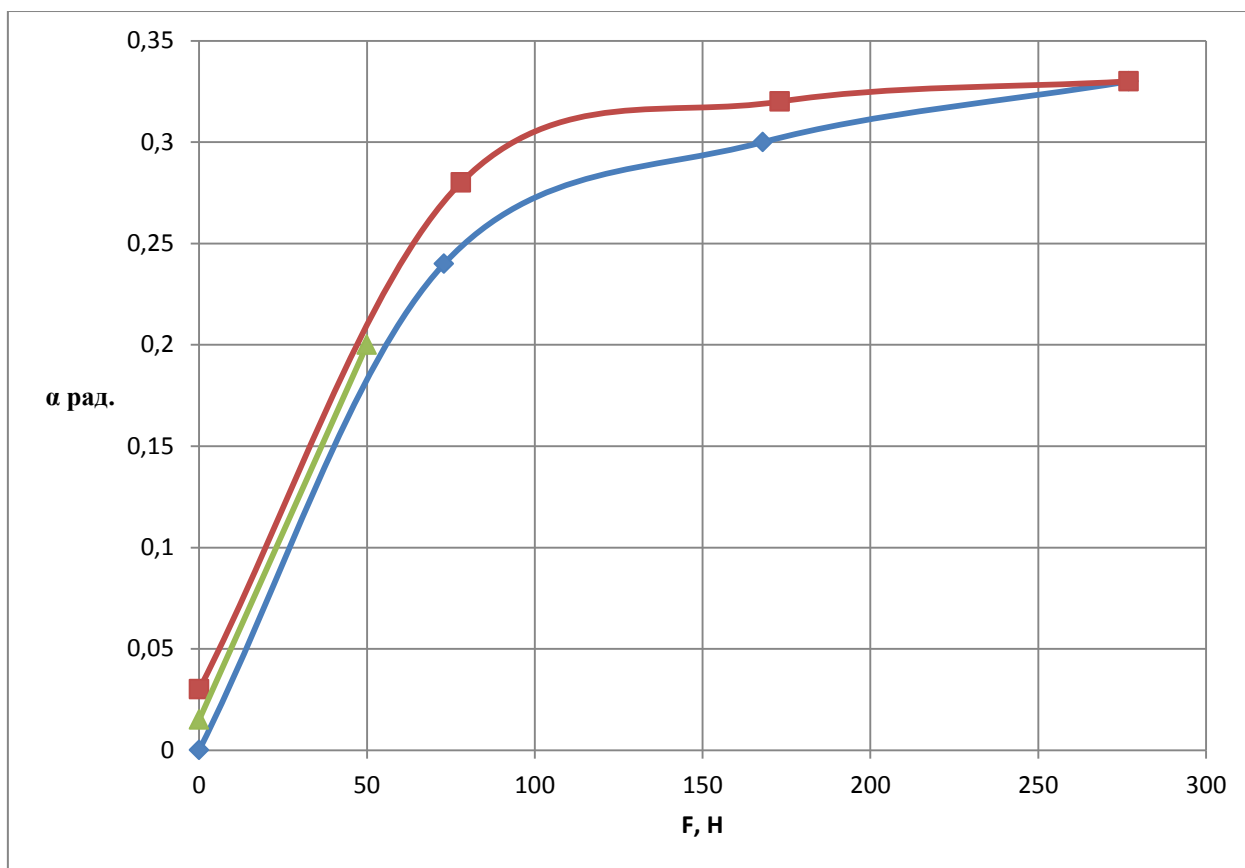


Рисунок 2.50 – зависимость деформации зимней шины 2,0 атм. От приложенной к колесу окружной силы

Определяем крутильную жесткость шины по формуле 2.34:

$$\frac{50}{0,19} = 263 \text{ Н/мм}$$

Зимняя шина 2,2 атм.

1. Накачиваем колесо до 2,2 атм.

2. Увеличиваем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки

в трех точках:

$$1_T = 10^\circ = 0,18 \text{ рад.}$$

$$2_T = 15^\circ = 0,26 \text{ рад.}$$

$$3_T = 17^\circ = 0,30 \text{ рад.}$$

3. Уменьшаем нагрузку на колесо, снимаем показания с линейки в

двух точках

$$2_{ТХ} = 16^\circ = 0,28 \text{ рад.}$$

$$1_{ТХ} = 12^\circ = 0,22 \text{ рад.}$$

4. Строим график:

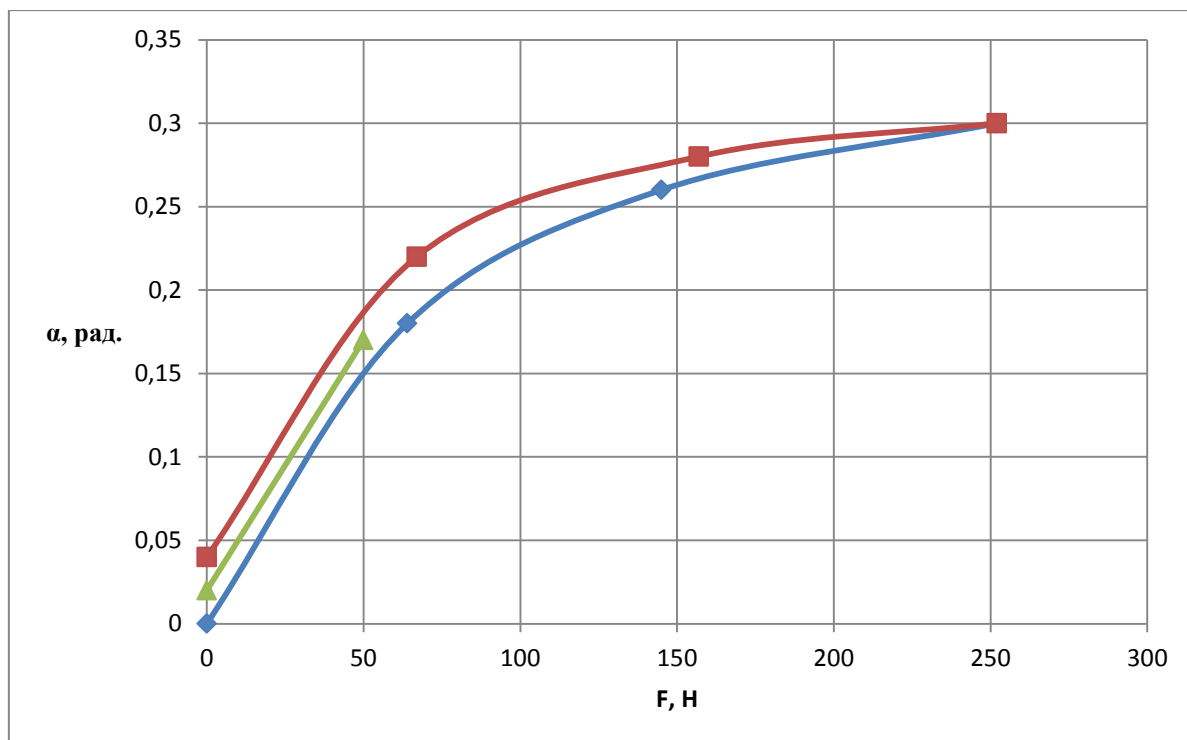


Рисунок 2.51 – зависимость деформации зимней шины 2,2атм. От приложенной к колесу окружной силы

Определяем крутильную жесткость шины по формуле 2.34:

$$\frac{50}{0,17} = 294 \text{ Н/мм}$$

Строим график:

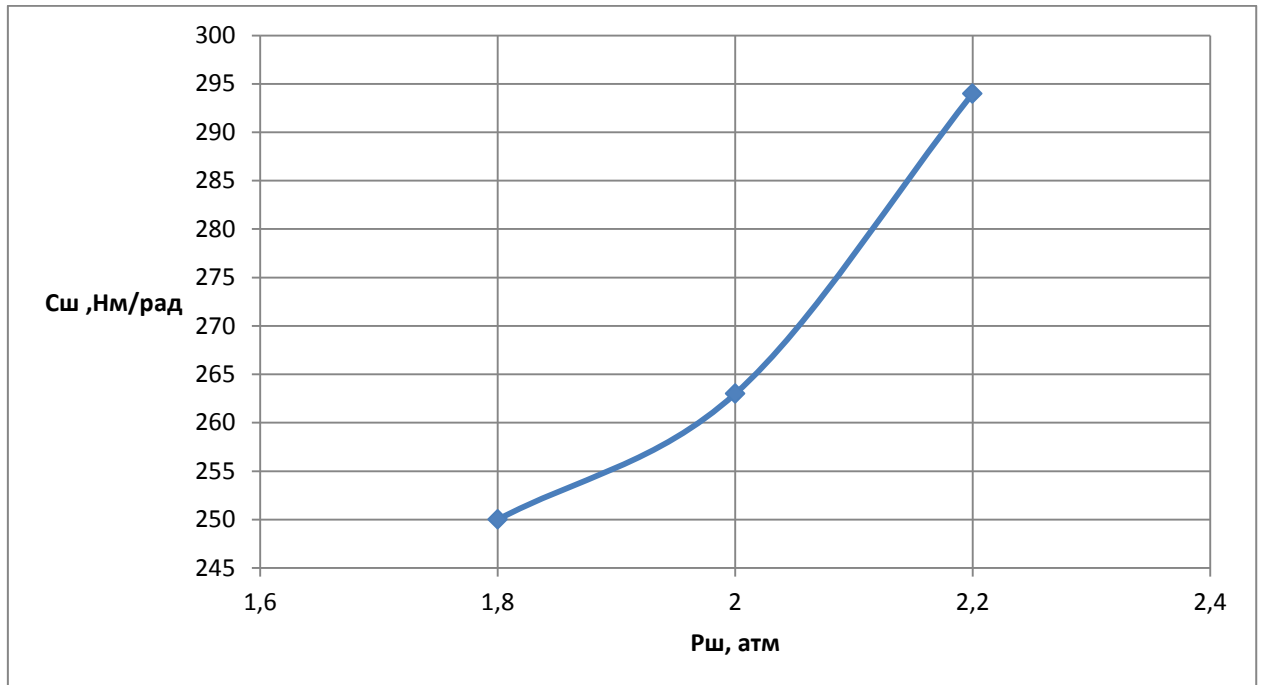


Рисунок 2.52 – Зависимость крутильной жесткости зимней шины от давления

На данном графике при увеличении давления наблюдаем примерную линейную зависимость увеличения жесткости шины.

По показаниям графиков можем определить, что жесткость летней шины меньше, чем жесткость зимней шины.

В данной работе были проведены:

- Тягово – динамический расчет автомобиля 2 класса
- Измерение жесткости шины при вертикальной нагрузке
- Измерение жесткости шины при продольной нагрузке
- Измерение жесткости шины при поперечной нагрузке
- Измерение жесткости шины при крутильной нагрузке
- Анализ полученных данных

3 Меры безопасности при работе на стенде для измерения деформации шин

Стенд предназначен для измерения деформации шин в статичном положении. Для работы на стенде необходимы следующие предметы: электрический прибор для измерения нагрузки на колесо, колесо на летней резине, колесо на зимней резине.

3.1. При работе на данном стенде должны соблюдаться меры безопасности. При несоблюдении могут возникнуть травмы.

А) Стенд.

1. Перед началом работы проверить исправность всех механизмов, с помощью которых создается нагрузка на колесо (Механизм вертикальной нагрузки, механизм горизонтальной нагрузки) способом поворота рукояток на 3-4 оборота, проследить за тем, чтобы механизм свободно перемещался.

2. Проверить правильность установки нижней полки, имитирующей асфальт. Все 4 колесика полки должны находиться строго в пазах, и свободно перемещаться по ним.

3. Установить нижнюю полку в правый угол до нулевого значения на линейке путем проворачивания механизма горизонтальной нагрузки.

Б) Установка колеса на стенд.

Установить колесо на нижнюю полку, механизмом вертикальной нагрузки совместить место крепления с колесом и отверстия для болтов, поставить колесо в пазы и закрутить болты, приподнять колесо.

Колесо должно быть хорошо закреплено, категорически запрещается присутствие люфтов, так как это влияет на точность показаний прибора.

В) Электрический прибор для измерения нагрузки на колесо.

Перед включением прибора необходимо проверить все датчики, прикрепленные к стенду, люфт в креплении, кабель, при обнаружении

повреждения кабеля работа с прибором не допускается до устранения дефектов. После проведения данных мероприятий включить прибор, с помощью механизма вертикальной нагрузки опустить колесо на нижнюю полку до изменения показаний на приборе (линия на экране прибора должна переместиться вверх), поднять колесо.

Г) Компрессор для подкачки шин.

Проверить провод компрессора на предмет повреждения, включить компрессор в розетку, подсоединить к колесу и накачать до 2,0 атм., отсоединить компрессор от шины и с помощью манометра сверить показания, если на манометре значение выше, стравить воздух с шины до нужного значения, если ниже, подкачать колесо до 2,0 атм.

3.2. Вредные и опасные производственные формы при работе со стендом

3.2.1. При работе со стендом возможно возникновение следующих вредных и опасных производственных факторов:

- Физические нагрузки при замене колеса.
- Недостаточная освещенность рабочего места.
- Поражение электрическим током.

3.2.2. Для уменьшения влияния вредных и опасных производственных факторов предложены следующие мероприятия:

- Замену колеса производить в количестве не менее двух человек.
- Проверить освещенность помещения, оно должно быть достаточным и равномерным.
- Проверить все кабеля на наличие повреждений, в процессе работы со стендом, периодически проверять проводку и отключать электрические приборы чтобы избежать перегревания.

Вывод: В рамках раздела “Безопасность при использовании стенда“ мною были рассмотрены меры безопасности при подготовке к работе стенда для измерения деформации шин в статичном положении, прибора для снятия измерений, а так же проведен ряд мероприятий по снижению и полному предотвращению производственных травм и приведению в неисправность приборов при работе на стенде.

4 Организационно – экономическое обоснование проведения работ научно-исследовательского направления в дипломном проекте

4.1 Определение содержания и последовательности выполнения научно-исследовательской работы в дипломном проекте

«В результате проведения дипломного проекта научно-исследовательского направления большое значение уделялось как разработке методики исследования, так и определения последовательности выполнения отдельных этапов. В данном дипломном проекте присуща строго определённая последовательность выполнения различного рода действий на протяжении всего процесса исследования. Поэтому выполнение дипломного проекта проводим по очередности и, по возможности смещая и группируя в более крупные по своей величине и значимости части – этапы и стадии исследовательской работы. Проводимый перечень работ дипломного проекта приводим в таблице 4.1. Составленный классификатор работ полностью или частично удовлетворяет требованиям сетевого планирования таким образом, чтобы каждая проведённая самостоятельно работа, указанная в перечне, имела содержание и заканчивалась определённым результатом.»[4]

Таблица 4.1 – Приводимый перечень работ при выполнении дипломного проекта научно-исследовательского направления.

Стадии проведения исследований.	Этапы научно-исследовательской работы.	Содержание проводимых работ.
1	2	3
Подготовительная стадия.	Выполнение комплекса подготовительных работ.	1. Составление (получение) задания на НИР.
		2. Анализ состояния вопроса. Литературный поиск.

Продолжение таблицы 4.1

Теоретическая разработка.	Разработка теоретической части исследования.	3.Изучение назначения шины. а. Изучение требований, предъявляемых к шине.
		5.Меры безопасности при работе на стенде.
«Экспериментальные работы.»[4]	«Разработка чертежей, проведение комплекса экспериментальных работ, расчетов.»[4]	6. Тягово-динамический расчет автомобиля
		7. Определение вертикальной жесткости шины
		8. Определение продольной жесткости шины
		9. Определение поперечной жесткости шины
		10. Определение Окружной жесткости шины
Заключительная стадия.	Обобщение, выводы и предложения.	11.Расчет экономической эффективности проекта
		12. Оформление результатов исследований.
		13. Написание заключения экономической части.
		14.Написание заключения части о мерах безопасности.
		15. «Определение возможности использования результатов исследований в дальнейших разработках.»[12]
		16. Написание отчёта (пояснительной записки) к дипломному проекту.

4.2 Определение трудоёмкости и длительности цикла выполнения научно-исследовательской работы (НИР).

«В настоящее время трудоёмкость проведения научно-исследовательской»[13] «работы (НИР) в большинстве случаев

определяется экспериментальным путём или по эмпирическим формулам, полученным и выведенным в результате проведения эксперимента. Основой такого метода определения трудоёмкости является то, что трудоёмкость (НИР) представляется как функция от длительности цикла её проведения и количества участников.»[4]

$$T = f \times (D_{\text{ц}} \times P) \quad (4.1)$$

«Где $D_{\text{ц}}$ – длительность цикла выполнения научно-исследовательской работы, дни;

P – количество участников, участвующих при выполнении НИР.»[12]

«Определение трудоёмкости выполнения каждой работы проводим на основании системы экспериментальных оценок и, как правило, методе трёх оценок (T_{min} , T_{max} , $T_{\text{ож}}$). Одновременно производим распределение исполнителей по всем видам работ и определение длительности цикла выполнения этапов и всей работы с учётом принятой численности исполнителей.

Ожидаемую трудоёмкость при выполнении каждой работы ($T_{\text{ож}}$) определяем по формуле 4.2:»[13]

$$T_{\text{ож}} = \frac{(3T_{\text{min}} + 2T_{\text{max}})}{5} \quad (4.2)$$

«Где T_{min} – оптимистическая оценка трудоёмкости;

T_{max} – пессимистическая оценка трудоёмкости.

Ожидаемая трудоёмкость выполнения каждого этапа определяется как сумма трудоёмкости выполнения входящих в данный этап работ.

Зная ожидаемую трудоёмкость выполнения работ и этапов, определяем длительность цикла их выполнения с учётом численности задействованных исполнителей по формуле 4.3:»[25]

$$T_{ц} = \frac{T_{ож}}{P} \quad (4.3)$$

«Количество исполнителей, задействованных в проведении научно-исследовательской работы, принимаем равным $P = 3$ человека.

Результаты расчётов представим в виде таблицы 4.2.»[14]

Таблица 4.2 – Расчёт трудоёмкости и длительности цикла выполнения НИР.

№ этапов.	№ работ.	Трудоёмкость выполнения работ, дней.			Численность работников.				Длительность выполнения работ и этапов с учётом численности работников, дней.
		T_{min}	T_{max}	$T_{ож}$	Руков. Проекта	Преподаватели других кафедр	Студент	Итого	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	2	7	4	1		1	2	2
	2	8	13	10	1		1	2	5
Итого				14					7
2	3	8	13	10	1		1	2	5
	4	2	7	4	1		1	2	2
	5	8	13	10		1	1	2	5
Итого				24					12
3	6	10	15	12	1		1	2	6
	7	2	7	4	1		1	2	2
	8	2	7	4	1		1	2	2
	9	2	7	4	1		1	2	2
	10	2	7	4	1		1	2	2
	11	10	15	12		1	1	2	6
Итого				40					20

Продолжение таблицы 4.2

4	12	1 2	17	14	1		1	2	7
	13	8	13	10		1	1	2	5
	14	8	13	10		1	1	2	5
	15	1 0	15	12	1		1	2	6
	16	8	13	10			1	1	10
Итого				56					33
Всего				134					72

«В нашем случае ожидаемая трудоёмкость выполнения всего комплекса научно-исследовательских работ составляет 72 человеко-дней и длительность цикла выполнения проекта с учётом численности исполнителей составляет 72 дня.»[6]

«Для разработки сетевого графика необходимо предварительно составить перечень событий и работ таблица 4.3.»[4]

Таблица 4.3 – Перечень событий и работ по выполнению НИР.

№ событий.	Наименование работ и событий.	Шифр работ.	Продолжительность работ, дни.
0.	Решение о выполнении научно-исследовательской работы принято.		
1.	Составление (получение) задания на НИР.	0-1	2
2.	Анализ состояния вопроса, литературный поиск.	0-2	5
3.	Изучение назначения шины.	2-3	5
4.	Изучение требований, предъявляемых к шине.	3-4	2
5.	Меры безопасности при работе на стенде.	4-5	5
6.	Тягово-динамический расчет автомобиля	4-6	6
7.	Определение вертикальной жесткости шины	5-7	2
8.	Определение продольной жесткости шины	7-8	2
9.	Определение поперечной жесткости шины	8-9	2
10.	Определение Окружной жесткости шины	8-10	2
11.	Расчет экономической эффективности проекта	10-11	6
12.	Оформление результатов исследований.	11-12	7
13.	Написание заключения экономической части.	12-13	5
14.	Написание заключения части о мерах безопасности.	12-14	5
15.	Определение возможности использования результатов исследований в дальнейших разработках.	13-15	6
16.	Написание отчёта (пояснительной записки) к дипломному проекту.	15-16	10

4.3 Расчёт ранних сроков свершения событий до оптимизации сетевого графика.

Расчёт ранних сроков свершения события производим по формуле 4.4:

$$T_{pi+1} = T_{pi} + D_{i-(i+1)} \quad (4.4)$$

$$T_{p1} = T_{p0} + D_{0-1} = 0 + 2 = 2$$

$$T_{p2} = T_{p1} + D_{0-2} = 0 + 5 = 5$$

$$\left. \begin{array}{l} T_{p3}^1 = T_{p1} + D_{1-3} = 2 + 0 = 2 \\ T_{p3}^2 = T_{p2} + D_{2-3} = 5 + 5 = 10 \end{array} \right\} \max \Rightarrow 10$$

$$T_{p4} = T_{p3} + D_{3-4} = 10 + 2 = 12$$

$$T_{p5} = T_{p4} + D_{4-5} = 12 + 5 = 17$$

$$T_{p6} = T_{p4} + D_{4-6} = 12 + 6 = 18$$

$$\left. \begin{array}{l} T_{p7}^1 = T_{p5} + D_{5-7} = 17 + 2 = 19 \\ T_{p7}^2 = T_{p6} + D_{6-7} = 18 + 0 = 18 \end{array} \right\} \max \Rightarrow 19$$

$$T_{p8} = T_{p7} + D_{7-8} = 19 + 2 = 21$$

$$T_{p9} = T_{p8} + D_{8-9} = 21 + 2 = 23$$

$$T_{p10} = T_{p8} + D_{8-10} = 21 + 2 = 23$$

$$\left. \begin{array}{l} T_{p11}^1 = T_{p9} + D_{9-11} = 23 + 0 = 23 \\ T_{p11}^2 = T_{p10} + D_{10-11} = 23 + 6 = 29 \end{array} \right\} \max \Rightarrow 29$$

$$T_{p12} = T_{p11} + D_{11-12} = 29 + 7 = 36$$

$$T_{p13} = T_{p12} + D_{12-13} = 36 + 5 = 41$$

$$T_{p14} = T_{p12} + D_{12-14} = 36 + 5 = 41$$

$$\left. \begin{array}{l} T_{p15}^1 = T_{p13} + D_{13-15} = 41 + 6 = 47 \\ T_{p15}^2 = T_{p14} + D_{14-15} = 41 + 0 = 41 \end{array} \right\} \max \Rightarrow 47$$

$$T_{p16} = T_{p15} + D_{15-16} = 47 + 10 = 57$$

Расчёт поздних сроков свершения события производим по формуле 4.5:

$$T_{ni+1} = T_{ni} - D_{i-(i-1)} \quad (4.5)$$

$$T_{n15} = T_{n16} - D_{16-15} = 57 - 10 = 47$$

$$T_{n14} = T_{n15} - D_{15-14} = 47 - 0 = 47$$

$$T_{n13} = T_{n15} - D_{15-13} = 47 - 6 = 41$$

$$\left. \begin{array}{l} T_{n12}' = T_{n14} - D_{14-12} = 47 - 5 = 42 \\ T_{n12}'' = T_{n13} - D_{13-12} = 41 - 5 = 36 \end{array} \right\} \min \Rightarrow 36$$

$$T_{n11} = T_{n12} - D_{12-11} = 36 - 7 = 29$$

$$T_{n10} = T_{n11} - D_{11-10} = 29 - 6 = 23$$

$$T_{n9} = T_{n11} - D_{11-9} = 29 - 0 = 29$$

$$\left. \begin{aligned} T'_{n8} &= T_{n10} - D_{10-8} = 23 - 2 = 21 \\ T''_{n8} &= T_{n9} - D_{9-8} = 29 - 0 = 29 \end{aligned} \right\} \min \Rightarrow 21$$

$$T_{n7} = T_{n8} - D_{8-7} = 21 - 2 = 19$$

$$T_{n6} = T_{n7} - D_{7-6} = 19 - 0 = 19$$

$$T_{n5} = T_{n7} - D_{7-6} = 19 - 2 = 17$$

$$\left. \begin{aligned} T'_{n4} &= T_{n6} - D_{6-4} = 19 - 6 = 13 \\ T''_{n4} &= T_{n5} - D_{5-4} = 17 - 5 = 12 \end{aligned} \right\} \min \Rightarrow 12$$

$$T_{n3} = T_{n4} - D_{4-3} = 12 - 2 = 10$$

$$T_{n2} = T_{n3} - D_{3-2} = 10 - 5 = 5$$

$$T_{n1} = T_{n2} - D_{2-0} = 5 - 0 = 5$$

$$\left. \begin{aligned} T'_{n0} &= T_{n2} - D_{2-0} = 5 - 5 = 0 \\ T''_{n0} &= T_{n1} - D_{1-0} = 5 - 2 = 3 \end{aligned} \right\} \min \Rightarrow 0$$

Определяем резервы событий по формуле 4.6:

$$R_i = T_{ni} - T_{pi} \quad (4.6)$$

Длительность путей:

$$T_1 = 57 - \text{критический (max).}$$

$$T_2 = 0 - 1 - 3 - 4 - 6 - 7 - 8 - 9 - 11 - 12 - 14 - 15 - 16 =$$

$= 2 + 0 + 2 + 6 + 0 + 2 + 2 + 0 + 7 + 5 + 0 + 10 = 36$ – не напряжённый.

$$T_{opt} = \frac{57 + 36}{2} = 46,5$$

Таблица 4.4 – Этапы оптимизации.

Путь.	Длительность	I этап.		II этап.		III этап.		IV этап.		V этап.		VI этап.	
		Изм.	Резул.	Изм.	Резул.	Изм.	Резул.	Изм.	Резул.	Изм.	Резул.	Изм.	Резул.
T ₁	57	-4	5	-2	51	-1,5	49,5	-0,5	49	-1	48	-1,5	46,5
T ₂	36	+4	3	+2	42	+1,5	43,5	+0,5	44	+1	45	+1,5	46,5
			0										

I этап: с 0-2 на 0-1 => 4 дня.

II этап: с 2-3 на 0-1 => 2 дня.

III этап: с 4-5 на 4-6 => 1,5 дня.

IV этап: с 5-7 на 4-6 => 0,5 дня.

V этап: с 10-11 на 8-9 => 1 день.

VI этап: с 12-13 на 12-14 => 1,5 дня.

Строится новый оптимизационный график с изменённым временем.

Сетевой график

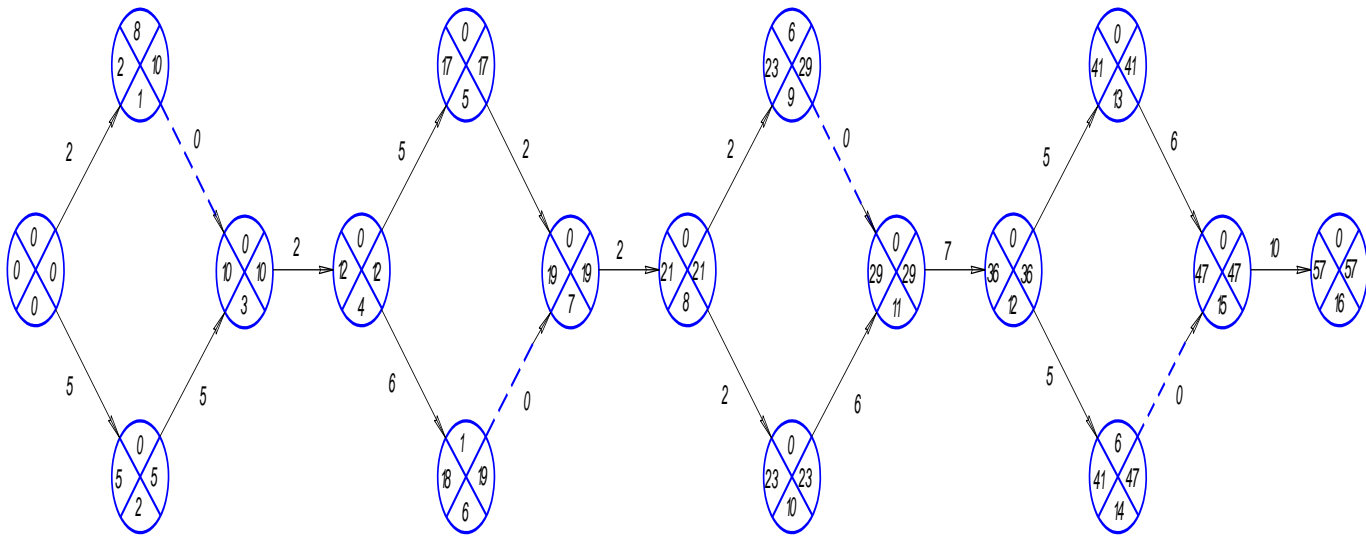


Рисунок 4.1 – Сетевой график.

Сетевой график (оптимизированный)

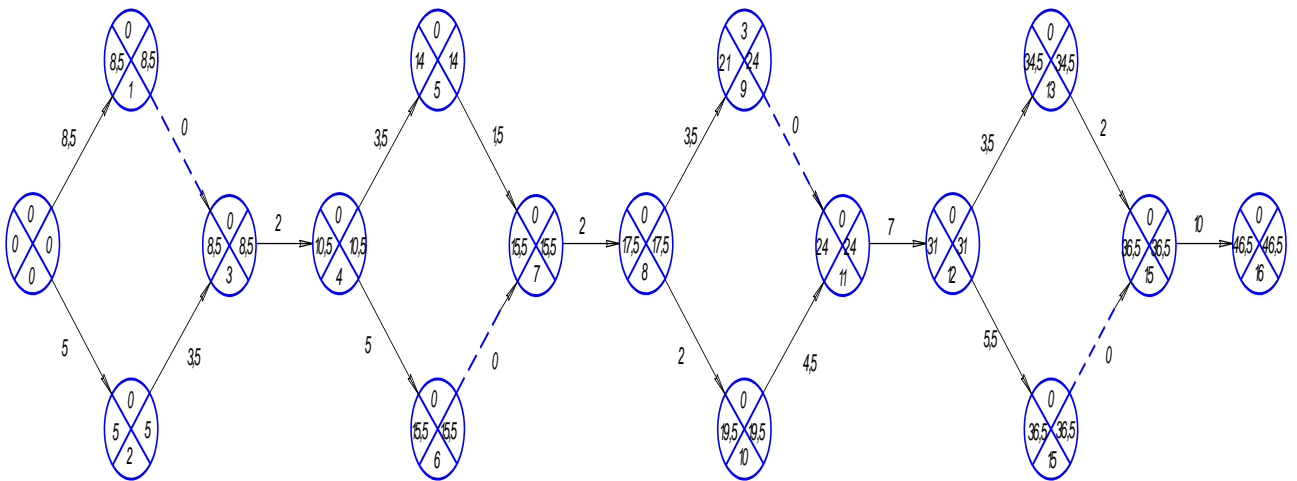


Рисунок 4.2 – Сетевой график (оптимизированный).

4.4 Определение затрат на НИР.

«Состав исполнителей по каждой теме проекта определяется штатным расписанием, в котором одновременно рассматривается и фонд заработной платы исполнителей.»[16]

«Таблица 4.5 - Штатное расписание исполнителей и расчёт фонда заработной платы.»[16]

Наименование должностей.	Численность (чел.).	Средняя ставка (руб.).	Количество отработанных часов.	Сумма заработной платы (руб.).
Руководитель проекта	1	222	46,5	10323
Преподаватели других кафедр	1	222	46,5	10323
Студент.	1	57	80	4560
			Итого:	25206

«Определим сумму заработной платы для каждого исполнителя дипломного проекта по формуле 4.7:»[16]

$$Z_{пл} = C_c \times D_{ф} \quad (4.7)$$

«Где $D_{ф}$ – фактически отработанное количество часов.

Затраты на проведение НИР в нашем случае состоят из текущих затрат на проведение исследований.

Основные текущие затраты на проведение НИР определим по формуле 4.8:»[10]

$$C_{НИР} = Z_{пл} + P_{зпл} + M + P_{э} + P_{ф}, \text{ руб.} \quad (4.8)$$

«Где $Z_{пл}$ – затраты на заработную плату принимаем согласно»[6]
(таблице 12.5), руб.;

« $H_{зпл}$ – отчисления на социальное страхование, принимаем как (30,2% к заработной плате);

$P_э$ – стоимость» [7] потребляемой электроэнергии, руб.;

Таблица 4.6 - Расчет затрат на НИР:

№	Показатели	Условное обозначение, единица измерения	Значение показателей	Источник информации
1	Тариф платы за электроэнергию	$C_э, руб./кВт$	3,02	
2	Коэффициент отчисления на социальные нужды	K_c	0,302	
3	Установленная мощность электрического прибора	$M_y, кВт.$	10	Паспорт станка
4	Коэффициент использования токоприёмников по мощности	K_m	0,95	Паспорт станка
5	КПД электродвигателя	кпд(η)	0,65	Паспорт станка

Затраты на проведение эксперимента:

«Затраты на электроэнергию определим по формуле 4.9:»[6]

$$Z_{\text{э}} = [M_{\text{у}} \times K_{\text{м}} \times T_{\text{м}} \times n / (\eta \times 60)] \times C_{\text{э}}, \text{руб.} \quad (4.9)$$

:

«Где n – число экспериментов ($n = 5$);

$M_{\text{у}}$ – установленная мощность, кВт ($M_{\text{у}} = 10$ кВт);

$K_{\text{м}}$ – коэффициент использования токоприёмников по мощности ($K_{\text{м}} = 0,95$);

$T_{\text{м}}$ – машинное время на один эксперимент ($T_{\text{м}} = 8$ ч.);

η – КПД электродвигателя ($\eta = 0,65$);

$C_{\text{э}}$ – цена за один киловатт электроэнергии ($C_{\text{э}} = 3,02$ р.).

Затраты на электроэнергию равны:»[13]

$$P_{\text{э}} = [10 \times 0,95 \times 8 \times 5] / (0,65 \times 60) \times 3,02 = 29,4 \text{ руб.}$$

4.5. Заключение экономической части

Таблица 4.7 - Смета затрат на выполнение НИР.

Наименование статей затрат.	Сумма, р.	Процент к общему итогу.
Затраты на заработную плату.	25206	76,7
Отчисления на социальное страхование.	7612,2	23,2
Затраты на электроэнергию.	29,4	0,1
Итого:	32847,6	100

В данном разделе были проведены расчеты затрат на НИР, построены сетевые графики с учетом оптимизации временных показателей, рассчитаны затраты на заработную плату, отчисления на социальное страхование, затраты на электроэнергию

Заключение

В ходе данной работы мы провели исследования видов деформации шин на стенде. Были построены графики зависимости деформации шины от приложенной к колесу силы в зависимости от видов нагрузки. Были произведены расчеты жесткости шины в зависимости от видов нагрузки на колесо: вертикальная, продольная, поперечная, крутильная.

В разделе «Меры безопасности при работе на стенде для измерения деформации шин» были рассмотрены меры безопасности при проведении исследований, меры безопасности при подготовке стенда к работе, были выявлены возможные опасные и вредные производственные факторы, составлена памятка для уменьшения влияния вредных и опасных производственных факторов при проведении работ на стенде, при подготовке стенда к работе.

В разделе «Экономический раздел» происходит построение и расчет параметров сетевого графика процесса, производится расчет затрат на заработную плату, отчисления на социальное страхование, затраты на электроэнергию, были выявлены оптимизированные сроки проведения исследований.

По результатам произведенных расчетов были построены графики зависимости жесткости шины от давления для летней и зимней резины, для всех исследуемых видов деформации, был проведен анализ полученных данных.

Полученные данные в дальнейшем могут быть использованы для исследования плавности хода, управляемости и устойчивости на дороге.

Список используемых источников

1. Колесник, П.А. Автомобильные материалы и шины (пособие автомеханику) / П.А. Колесник, Н.Д. Морозов. - М.: СПб. [и др.] : Питер, 1975. - 192 с.
2. «Основы конструкции автомобиля», Иванов А. М., Солнцев А. Н., Гаевский В. В. и др. Учебник для ВУЗов. — М.: ООО «За рулём», 2005 Рассел, Джесси Автомобильная шина / Джесси Рассел. - М.: Книга по Требованию, 2012. - 116 с.
3. Horst Automotive Handbook BOSCH, 4th edition / Автомобильный справочник Бош на английском языке, 4е изд / Bauer, Horst. - М.: Robert Bosch GmbH; Издание 4-е, испр., расшир. и доп., 1996. - 892 с.
4. Автомобильные шины / В. Л. Бидерман, Р. Л. Гуслицер, С. П. Захаров и др. М.: Госхимиздат, 1963. 383 с.
5. Балабин И. В., Пугин В. А. Автомобильные и тракторные колеса. Челябинск: Челябинское книжное издательство, 1963. 335 с.
6. ГОСТ 4754-80. Шины пневматические для легковых автомобилей. Технические условия.
7. Краткий автомобильный справочник / НИИАТ. 10-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1983. 220 с.
8. Новопольский В. И., Непомнящий Е. Ф. О взаимодействии протектора автомобильной шины с поверхностью дороги // Фрикционный износ резин. М.: Химия, 1964. С. 250-262.
9. Шильце Г. Руководство по шинам. М.: Транспорт. 1964. 45 с.
10. Чудаков Е. А. Теория автомобиля. М.: АН СССР. 1961. 475 с.
11. Лаптев Автомобильная энциклопедия / Лаптев, Т.И. и. - М.: Минск: Харвест, 2008. - 784 с.

12. [Основы современной технологии автомобильных шин](#)
Москва
«Госхимиздат» 285 стр. 1951
13. Туревский И. С.
Теория автомобиля [Текст] : учеб. пособие для сред. проф. образования / И. С. Туревский. - Москва : Высш. шк., 2005. - 240 с. : ил. - Библиогр.: с. 237.
14. Теория автомобиля [Текст] : метод. указания по циклу лаб. и практ. работ для студентов специальности 190201(150100) "Автомобиле- и тракторостроение" / авт.-сост. Л. А. Черепанов, М. В. Прокофьев. - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2006. - 38 с. : ил. - 3-00.
15. Проскурин А. И.
Теория автомобиля [Текст] : примеры и задачи : учеб. пособие для вузов / А. И. Проскурин. - Гриф МО. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2006. - 201 с. : ил. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 129. - Прил.: с. 130-200.
16. Рыжков Н. А.
Шины и колеса автомобилей [Текст] : учеб. пособие / Н. А. Рыжков. - Тольятти : ТолПИ, 1993. - 68 с.
17. Кнороз В. И.
Шины и колеса [Текст] / В. И. Кнороз, Е. В. Кленников. - Москва : Машиностроение, 1975. - 184 с.
18. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0
19. <https://www.texnograd.com/blog-post/2018/04/20/istoriya-sozdaniya-avtomobilnoj-shiny>
20. <http://www.autoopt.ru/articles/products/1770548/>
21. «Основы конструкции автомобиля», Иванов А. М., Солнцев А. Н., Гаевский В. В. и др. Учебник для ВУЗов. — М.: ООО «За рулём», 2005

22. «Modern car technology : Jeff Daniels looks under the skin of today's cars», Jeff Daniels — Sparkford, UK : Haynes, 2001.
23. <https://www.goodyearshop.ru/stati/istoriya-sozdaniya-shin/>
24. <http://autoportal.ua/articles/encyclopaedia/7120.html>
25. <https://www.pokrishka.ru/tiporazmer.html>
26. Sparke, P. The century of cars design. London:- Beazley, - 2002. – 256 p.
27. Hewitt, S. Cars and truck. London: - Watts, - 1993. – 240 p.
28. Barton, B. My car. New York:- HarperFestival, - 2003. – 195 p.