

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра Проектирование и эксплуатация автомобилей

(наименование)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Разработка стенда для определения аэродинамических свойств масштабных моделей автомобилей. Методика проведения испытаний.

Студент

Р.А.Федотов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент Л.А.Черепанов

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

Консультанты

канд. техн. наук, доцент А.Н. Москалюк

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

канд. экон. наук С. Ю. Данилова

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

канд. педог. наук, доцент С. А. Гудкова

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

Тольятти 2020

## АННОТАЦИЯ

Тема дипломного проекта разработка стенда для определения аэродинамического сопротивления воздуха легкового автомобиля. Исследование сопротивления воздуха.

В дипломном проекте проведен анализ существующих измерителей лобового аэродинамического сопротивления воздуха автомобилей, обзор работ по аэродинамическому сопротивлению. Аэродинамическая труба является одним из методов определения аэродинамического сопротивления, для определения в работе лобового аэродинамического сопротивления автомобиля спроектирован и разработан стенд. Проведены аналитическое и экспериментальное исследование выше указанного метода.

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

Дипломный проект содержит 8 листов формата А1, 27 таблиц, 15 рисунков, 80 страниц пояснительной записки, которые включают в себя 6 разделов, введение, заключение и список литературы.

## ABSTRACT

The topic of the given graduation project is devoted to bench development, which aim is to determine aerodynamic drag of car`s air. The key issue of the graduation work is air resistance research.

Due to overview of the works of the air drag projects, there are meters of any of frontal aerodynamic drag of car`s air, which were analyzed and highlighted in the project`s general part. It should be emphasized that wind tunnel is one of methods of air drag definition. Taking that fact into consideration, there were held analytical and experimental research of the issue.

It was touched upon the problem of such questions as «Ensuring safety at the locksmith site of mechanical Assembly experimental production», «Economic section». Much attention was given to ensuring safe creation and launch of a laboratory installation and calculation of costs for the development and manufacture of laboratory equipment, as well as the costs of its operation and maintenance.

The graduation project consists of an explanatory note on 80 pages, introduction, including 15 figures, 27 tables, the list of 20 references including 5 foreign sources, and the graphic part on 8 A1 sheets.

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 Состояние вопроса.....	7
1.1 Обзор работ по аэродинамике автомобиля .....	15
1.2 Коэффициент аэродинамического сопротивления.....	23
2 Экспериментальное исследование сопротивления воздуха и нахождение коэффициента $C_x$ .....	25
3 Практическое исследование аэродинамического сопротивления автомобиля .....	27
4 Тягово-динамический расчет автомобиля.....	29
4.1 Исходные данные для тягового расчета .....	30
4.2 Нахождение передаточного числа главной передачи .....	34
4.3 Вычисление внешней скоростной характеристики.....	35
4.4 Нахождение передаточных чисел коробки передач.....	37
4.5 Тяговый баланс автомобиля .....	40
4.6 Динамическая характеристика автомобиля .....	43
4.7 Разгон автомобиля .....	45
4.8 Мощностной баланс автомобиля .....	50
4.9 Топливо-экономическая характеристика автомобиля .....	52
5 Безопасность и экологичность проекта .....	54
6 Экономическое обоснование и эффективность.....	57
6.1 Краткая характеристика сравниваемых вариантов .....	57
6.2 Исходные данные на проектный расчет .....	57
6.3 Расчет фонда времени работы оборудования .....	59
6.4 Расчет технологической себестоимости оборудования .....	59
6.5 Расчет необходимого количества оборудования и коэффициент его загрузки .....	66

6.6 Расчет прямых и сопутствующих капитальных вложений по базовому и проектному варианту .....	68
6.7 Расчет технологической себестоимости эксплуатации базового и проектируемого оборудования при оказании услуг .....	73
6.8 Калькуляция и структура полной себестоимости и эксплуатация базовой и проектируемой конструкции и цена оказания услуги .....	73
6.9 Расчет показателей экономической эффективности новой техники.....	76
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	78
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	79

## ВВЕДЕНИЕ

Аэродинамика – это такой раздел аэромеханики, в котором изучаются основные законы движения воздуха и других газов и их взаимодействие с движущимися твердыми телами. Аэродинамика автомобиля в соответствии с этим, изучает явления, происходящие в результате взаимодействия автомобиля и воздушной среды.

В современных реалиях проектирования автомобиля, все чаще возникают проблемы придания им формы, которая уменьшит затраты мощности двигателей на преодоление сопротивления воздуха, повышение аэродинамической устойчивости и уменьшения расхода топлива. Аэродинамика прямо относится к управляемости, устойчивости и безопасности, особенно при езде с высокой скоростью. Даже способность кузову загрязняться напрямую зависит, насколько качественно, с точки зрения аэродинамики, продуман автомобиль.

Автомобильная аэродинамика сейчас выполняет ни одну и не две задачи, она выполняет комплекс основных задач. Многие конструкторы и инженеры трудятся чтобы достичь максимально малого значения сопротивления автомобиля об воздушную среду. Причем они должны следить за величиной распределения подъемной силы по осям автомобиля, ведь сейчас автомобили набирают огромные скорости и на таких скоростях некоторые самолеты начинают подъем со взлетной полосы. При этом нужно учитывать, что двигателю должно поступать достаточный поток воздуха для охлаждения, в салоне авто должна обеспечиваться вентиляция для комфорта пассажиров. Во многом правильная аэродинамика снижает уровень шума в салоне, а также задача конструкторов направить потоки воздуха так, чтобы воздушные потоки не оседали на стеклах автомобиля. При большой скорости набегающего потока воздуха, качество очистки лобового стекла должно обеспечиваться максимально качественно. А для испытаний автомобиля помещают в аэродинамическую трубу, о которой и пойдет речь.

## 1. Состояние вопроса

«Движение автомобиля сопровождается многочисленными процессами взаимодействия с окружающим его воздухом. Эти процессы можно объединить в три группы»: [5]

«-обтекание внешних поверхностей автомобиля;  
-поток внутри кузова;  
-потоки внутри агрегатов». [5]

«Процессы, объединенные в первые две группы, тесно связаны друг с другом. Так, например, поле скоростей потока в моторном отсеке непосредственно зависит от поля обтекания внешней поверхности автомобиля. Оба поля должны рассматриваться совместно, они являются объектом изучения автомобильной аэродинамики. Потоки внутри двигателя и трансмиссии, напротив, не связаны с процессом обтекания автомобиля; они связаны лишь с механикой работы этих агрегатов. Такие потоки не относятся к аэродинамике автомобиля, и в данной дипломной работе они рассматриваться не будут. Указанные выше группы составляют полную аэродинамическую силу». [5]

«Полной аэродинамической силой называют равнодействующую всех элементарных аэродинамических сил, действующих на поверхность автомобиля, а иногда, пренебрегая силами трения, — результирующую нормальных сил. Результирующий момент всех действующих на автомобиль поверхностных аэродинамических сил называют полным аэродинамическим моментом». [5]

«Лобовое сопротивление  $R_x$ , при основных используемых скоростях в настоящее время, эксплуатационных скоростях автомобилей, определённым образом влияет на затраты мощности на движение и на расход топлива, также на максимальную скорость. Сила, действующая с боку  $R_y$ , возникает при действии на автомобиль бокового ветра. Если автомобиль движется, то скорость бокового ветра  $V_e$  геометрически складывается со

скоростью поступательного движения автомобиля  $V_a$  и происходит кососимметричное обтекание автомобиля воздухом со скоростью набегающего потока  $V$ , и направление этой скорости составляет угол  $\rho$  с направлением движения». [4]

«Для легкового автомобиля среднего класса доля сопротивления воздуха в суммарном сопротивлении движению при скорости  $V_p = 100$  км/ч составляет уже 75—80 %. Следовательно, уменьшая сопротивление воздуха, можно значительно улучшить экономические показатели автомобиля. Поэтому, как и прежде, главной задачей аэродинамики автомобиля является уменьшение сопротивления воздуха до минимально возможного значения, независимо от того, является ли целью проектирования повышение максимальной скорости или снижение расхода топлива». [5]

«При боковом ветре обтекающий автомобиль поток несимметричен относительно продольной осевой плоскости. За счет формообразования следует стремиться к тому, чтобы появляющиеся дополнительные силы и моменты оставались по возможности малыми, не вызывая при наличии бокового ветра значительного ухудшения курсовой устойчивости. Это объясняется тем, что чувствительность автомобиля к боковому ветру должна рассматриваться с двух точек зрения. Как правило, неизбежность реагирования на боковой ветер переменной силы и направления означает большее или меньшее ухудшение ездового комфорта; необходимость постоянной корректировки небольших отклонений от курса движения с помощью рулевого колеса ощущается водителем весьма тягостно. Только в очень редких случаях из-за бокового ветра возникает непосредственная опасность для водителя и автомобиля. Этого необходимо избегать с помощью аэродинамически удачного формообразования. Важно также за счет правильного оформления дорог и прилегающей к ним местности предотвращать ситуации, в которых участники движения теряются перед внезапными порывами бокового ветра, предъявляющими к ним повышенные требования в отношении быстроты реакции». [5]

«В зоне сопряжения капота с ветровым стеклом поток прилегает к поверхности». [5] В таких местах образуется зона избыточного давления, которая может использоваться для работы системы отопления и вентиляции салона. «На большинстве автомобилей отверстие для забора свежего воздуха располагается в центре указанной зоны. В этом месте давление зависит от скорости движения автомобиля. Поэтому с повышением скорости увеличивается объем свежего воздуха, подаваемого в салон, что сильно затрудняет поддержание удовлетворительного микроклимата внутри автомобиля. Если расположить отверстие для забора свежего воздуха в таком месте кузова, где коэффициент давления на поверхности равен нулю, то можно, для симметричного обтекания (без бокового ветра) разделить поля внутреннего потока и внешнего обтекания». [5]

«Расположение вентиляционных отверстий для выхода воздуха системы вентиляции салона также в зонах с нулевым коэффициентом давления позволит при установке приточного вентилятора достаточно больших размеров обеспечить необходимый объемный расход воздуха, не зависящий от скорости движения». [5]

«Значение имеет внутренняя аэродинамика, включающая движение воздуха через радиатор системы охлаждения двигателя, моторный отсек и потоки систем отопления и вентиляции салона. Некоторые типы автомобилей например, гоночные автомобили, дополнительно имеют воздухопроводы охлаждения масляного радиатора и для подачи воздуха в камеры сгорания двигателя». [5]

Аэродинамическая труба – это специальное устройство, которое создает направленный поток воздуха, целью испытаний с данной установкой является изучение воздействий воздушного потока на испытуемый объект.

В эру, когда транспортные средства развивают крайне высокие скорости, аэродинамика объекта является одним из ключевых факторов, влияющих на скорость объекта. Поэтому целью исследования может быть автомобиль, самолет, корабль, космический аппарат и др. В

аэродинамической установке (трубе) проводятся испытания как на натуральных образцах, так и на макетах, который геометрически повторяет. Для чистоты эксперимента и получения действительных значений и данных, равных действительному объекту в движении, нужно максимально убрать влияние стенок рабочей части установки и границ воздушной струи. Только так можно добиться однородного, равномерного потока перед моделью.

Такие показатели как топливная экономичность, скоростные и динамические свойства, конкурентоспособность во многом зависят от аэродинамики автомобиля. Чем больше транспортное средство развивает скорость, тем больше оно нуждается в правильной аэродинамике, и улучшению этого показателя. Сейчас большинство фирм производителей автомобилей, мотоциклов, автобусов имеют сложные аэродинамические комплексы для исследования и улучшения аэродинамики своей продукции. Они проектируют, доводят автотранспортные средства до нужных показателей, но нужно понимать, что стоимость такого аэроклиматического комплекса очень значительна, например у фирмы «Порше» имеется комплекс стоимостью 25 миллионов евро, а проведение всего лишь одного часа испытаний в аэродинамической трубе потребуют пару тысяч евро. Но все эти затраты нивелируется тем уровнем аэродинамики автомобиля, которое оно позволяет достичь. Строительство таких комплексов постоянно растет, так как автомобильная техника не стоит на месте, постоянно модернизируются, спортивные автомобили ездят все быстрее, и для более быстрых автомобилей, нужна более хорошая аэродинамика, а для того, что бы её добиться нужно провести множество испытаний, доводку, в современном аэродинамическом комплексе. Аэродинамическое проектирование это один из постулатов современной аэродинамики, так как именно этот этап позволяет повысить безопасность, скоростные показатели и экономичность топлива. Этот этап основывается на системной оптимизации аэродинамических характеристик. Перед инженерами сегодня стоит задача не только понизить значение коэффициента аэродинамического

сопротивления, но и ряд задач по экономическим, потребительским, экологическим направлениям. Это помогает снизить аэродинамический шум, уменьшить загрязнение экологии и самого транспортного средства.

«Первые опыты по определению сопротивления воздуха начали проводить в XVI веке на свободно падающих телах. Проведением подобных опытов одним из первых занялся Леонардо да Винчи. Впрочем, он экспериментировал не только с падающими телами, но и с телами, движущимися в воде, и даже с плоскими поверхностями, движущимися в воздухе под углом атаки. Ему удалось найти оптимальную форму судна наименьшего сопротивления. Дело Леонардо продолжил Галилей. Бросая с наклонной Пизанской башни тяжелые и легкие шары, он установил независимость скорости падения тяжелых тел от их веса и сформулировал один из величайших физических принципов – принцип инерции: если на тело не действуют силы, то оно движется равномерно. Немаловажное значение Галилей придавал логическому объяснению результатов эксперимента, пониманию физической сущности. Еще одним великим «шаробросателем» был Ньютон, основатель физики и (совместно с Лейбницем) высшей математики. Он бросал шары в лондонском соборе святого Павла. Вопрос о сопротивлении тел был для Ньютона далеко не праздным. Он хотел доказать, что (в отличие от утверждений аристотелианцев) космическое пространство не заполнено материей. В противном случае космическая материя оказывала бы сопротивление движению небесных тел, и вся стройная механическая система мира, созданная трудами Ньютона, рассыпалась бы, как карточный домик. После «великих шаробросателей» были попытки использовать сравнительно устойчивые естественные источники ветра. Модели перемещались на гребнях гор или в продуваемых пещерах и ущельях. Но даже здесь непостоянство природы вынуждало экспериментаторов двигать модели через неподвижный воздух». [8]

«Первым, кто применил эффект вращающегося рычага и создал устройство для испытания моделей на высокой скорости по принципу

центрифуги, был блестящий английский математик. Робинс. Вращение осуществлялось с помощью груза, тянущего под своим весом веревку, намотанную на шпиндель. При этом достигались скорости несколько метров в секунду. Закрепляя на конце рычага различные предметы – пирамиду, лист металла и т.д., Робинс установил несостоятельность существующих теорий воздушного сопротивления. «Различные формы, даже если предположить, что они имеют одинаковую площадь, не всегда обладают тем же воздушным сопротивлением или обтекаемостью». До конца XIX века рычажное приспособление оставалось практически единственным устройством для исследования аэродинамики. Но ряд существующих недостатков и сложностей этой конструкции привел к появлению более совершенного инструмента – аэродинамической трубы. По литературным данным Уинхем, член Совета авиационного общества Великобритании был первым человеком, который спроектировал и провел эксперименты с аэродинамической трубой в 1871 г. Это была труба более 3,5 м длины и сечением 116 см<sup>2</sup>. Вентилятор, обдувавший модели, приводился в движение паровым двигателем. Уже первые эксперименты доказали абсолютное превосходство аэродинамической трубы (АТ) перед другими способами проведения аэродинамических тестов. В том же 1871 г. капитан Российской армии В. Пашкевич, преподаватель Артиллерийской академии, построил первую в России АТ для исследования сопротивления движению снарядов. В 1897 г. К. Циолковский при поддержке Н. Жуковского построил АТ в Калуге, где провел исследования моделей дирижаблей и самолетов в потоке, скорость которого достигала 5 м/с». [8]

«В 1902 г. под руководством Н.Е. Жуковского в механической лаборатории Московского университета строится первая в России аэродинамическая труба закрытого типа, с рабочей частью квадратного сечения 0,75 × 0,75 м и скоростью воздушного потока 9 м/с. В 1904 г. в городе Кучино под Москвой Н.Е. Жуковский основал Аэродинамический институт (ЦАГИ), в котором была сооружена аэродинамическая труба

диаметром 1,2 м. В конце 1909 г. он построил новую трубу диаметром 1,6 м, позволявшую получать скорость потока 20 м/с. В том же году была организована аэродинамическая лаборатория в МВТУ. В лаборатории было две аэродинамические трубы: прямоугольного сечения  $1,5 \times 0,3$  м и круглая диаметром 1 м». [8]

«За рубежом почти одновременно с Россией велись работы по созданию аэродинамической трубы (1903–1909 гг.). Первая аэродинамическая труба была построена в 1903 г. Стантоном в Лондоне, в 1909 г. были построены еще две трубы: Эйфелем в Париже и Прандтлем в Геттингене. С тех пор было построено большое количество аэродинамических труб, от малых до гигантских. В первую очередь аэродинамические исследования в аэродинамических трубах проводились разработчиками авиационной техники. Seriously изучались обтекаемость водных судов. Первым наземным транспортным средством, которое продули в 1899 г. в аэродинамической трубе, стал железнодорожный поезд. Автомобили начали испытывать в аэродинамических трубах только после первой мировой войны. В настоящее время комплексами для проведения аэродинамических испытаний обладают все крупнейшие автопроизводители мира». [8]

Мир не стоит на месте, и в эпоху «компьютеризации» аэродинамика не осталась в стороне, вместо гигантских аэродинамических труб, многомиллионными затратами на строительство, долговременными испытаниями, может применяться компьютер. Который справится с работой за несколько минут. Несомненным плюсом такого метода является его компактность и цена. Скорость проверки результатов полностью зависит лишь от мощности процессора компьютера, а не от проворства конструкторов и инженеров. Но все же компьютер на сегодня не может стать полноценной заменой аэродинамической трубы, а являются лишь дополнением к ней, так как даже опытные специалисты, иногда удивляются тем результатам, которые дает аэродинамическая труба при испытаниях.

Можно создать красивый дизайн автомобиля, но без испытаний аэродинамических свойств у этого автомобиля не будет будущего. Существуют три вида труб, малые для испытания моделей, натурные, и аэроклиматические трубы. В последних проводятся испытания влияния климатических факторов на автомобиль, таких как влажность, температура и т.д., в малых проводятся испытания масштабных моделей и аэродинамических явлений, а также физические опыты. В больших производятся испытания натурных образцов, полномасштабных моделей. Важно отметить, современные автопроизводители не ограничиваются одним видом труб, у них могут быть как полномасштабные, так и малые, которые служат для оптимизации и уменьшения сроков испытаний. Сама труба – это установка в которую помещается автомобиль или модель автомобиля, где он остается неподвижным, двигается лишь обтекающий его поток воздуха, который приводит в движение огромные мощные вентиляторы. Труба состоит из сопла из которого и выдувается воздушный поток, рабочей камеры, где устанавливается испытуемый объект, диффузор, в который попадает воздушный поток, весы, которые находятся под испытуемым объектом в рабочей камере, также вентилятор с электродвигателем и система сеток позволяющая получить искомый ламинарный поток для проведения испытаний в рабочей зоне.

## 1.1 Обзор работ по по аэродинамике

Испытания в аэродинамической установке. «В больших аэродинамических трубах проводятся оптимизационно-доводочные испытания натуральных легковых автомобилей, автобусов, мото и вело транспортных средств. Из-за больших габаритов испытания натуральных автопоездов в аэродинамической трубе практически невозможны, поэтому исследования ведут на их крупномасштабных макетах.

Так, известные фирмы «Вольво» и «Мерседес-Бенц» проводят доводку своих магистральных автопоездов в больших трубах на полностью подобных натуре макетах, изготовленных в масштабе М 1:2. Перед проведением испытаний в трубе автомобиль моют, проверяют состояние его поверхности и комплектацию штатными навесными элементами. Затем подготовленный объект испытаний с выключенным двигателем устанавливают на аэродинамические весы в рабочей части трубы и фиксируется на них путем затормаживания ручным тормозом и включения задней передачи. Платформа весов имеет форму плоского диска диаметром 4–6 м и установлена заподлицо с ровным бетонным полом трубы, в котором имеется специальное круглое отверстие.

При установке на весах тщательно проверяется штатная развесовка по осям, а также вертикальное и угловое расположение кузова относительно пола трубы, соответствующие ТУ на автомобиль. При необходимости испытаний с тангажом кузова его положение меняется посредством изменения развесовки и прогиба передней и задней подвесок, также как изменение дорожного просвета осуществляется путем варьирования массы балласта на полу кузова. Испытания при различных углах натекания потока проводятся путем разворота платформы весов с установленным на ней транспортным средством. На рис. 3.29 показана установка автомобиля в рабочей части большой аэродинамической трубы. В большой трубе, так же как и в модельной, проводятся три вида

испытаний: весовые, дренажные и визуализационные. Результаты весовых и дренажных испытаний по специальной проводной связи передаются в размещенный рядом с рабочей частью трубы компьютерный центр, откуда наблюдается визуально объект испытаний». [8]

#### Измерение сил и моментов

«Важнейшей задачей при испытаниях автомобилей в аэродинамических трубах является измерение аэродинамических сил и моментов, действующих на автомобиль при обтекании его потоком воздуха. К ним относятся: боковая сила, сила сопротивления воздуха, подъемная сила, продольный аэродинамический момент, поперечный аэродинамический момент (момент крена) и поворачивающий аэродинамический момент (момент рыскания)». [5]

«Система координат при измерениях аэродинамических сил и моментов. Для однозначного определения названных выше трех сил и трех моментов необходима установленная система координат. На рисунке 1 показана система координат, которая часто применяется в настоящее время. Эта система жестко связана с автомобилем, начало координат располагается в плоскости опорной поверхности колес в точке пересечения средних линий базы и колеи автомобиля». [5]

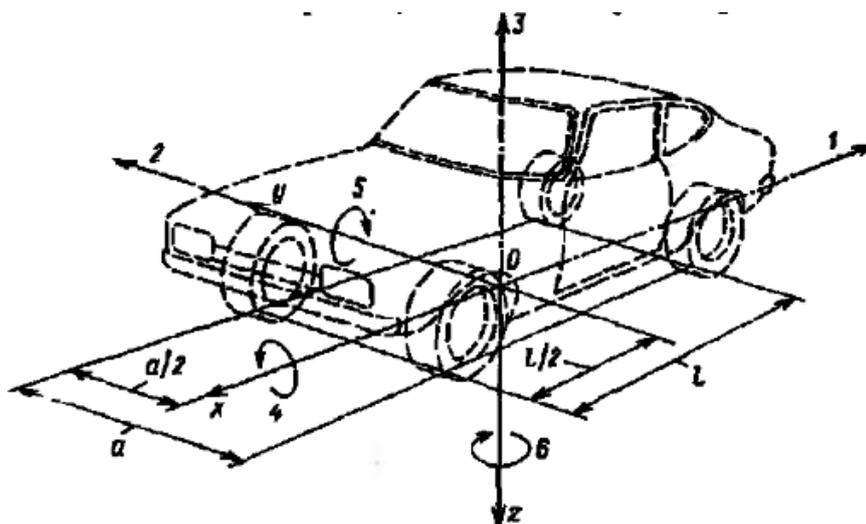


Рисунок 1.1 Система координат для измерения аэродинамических сил и моментов.

«Аэродинамические весы. Для измерения трех сил и трех моментов нужны шестикомпонентные весы. Если поток набегаёт на автомобиль строго в направлении его продольной оси, то достаточно измерить силу сопротивления воздуха, продольный момент и подъемную силу. Для таких измерений можно использовать трехкомпонентные весы». [5]

«Разложение аэродинамических сил. Для отдельного определения каждого из трех сил и каждого из трех моментов измеряемые параметры раскладываются на составляющие:

1. Испытуемый автомобиль устанавливается на платформе. Возникающие в процессе испытания силы и моменты передаются через платформу (или её подвеску) на динамометрические элементы и измеряются.
2. Колеса автомобиля стоят на четырех отдельных платформах. Силы, измеряемые на отдельных колесах параллельно осям системы координат, в последующем складываются в определяемые три силы и три момента.
3. Конструкция весов аналогична указанной выше, но непосредственно измеряются только подъемные силы на четырех колесах. Боковая сила, поворачивающий момент и сила сопротивления воздуха измеряются через «плавающую» раму, имеющую четыре платформы и установленную на опоры без трения над рамой, жестко соединенной с основанием.
4. Объект измерения подвешивается на четырех растяжках и с помощью других растяжек фиксируется в направлении осей. Измеряя силы на растяжках можно вычислить отдельные силы.

В процессе измерения аэродинамических сил и моментов следует обратить внимание на продолжительность замера, так как возможны колебания значений из-за вибрации системы автомобиль-весы». [5]

## Измерение давления

«При испытаниях в аэродинамической трубе возникает необходимость измерения статического или динамического давления свободного потока воздуха или коэффициента статического давления на поверхности тела». [5]

«Насадка для измерения давления. Измерение статического и полного давления в свободном воздушном потоке в простейшем случае можно осуществлять с помощью гидрометрической трубки, например трубки Прандтля». [5]

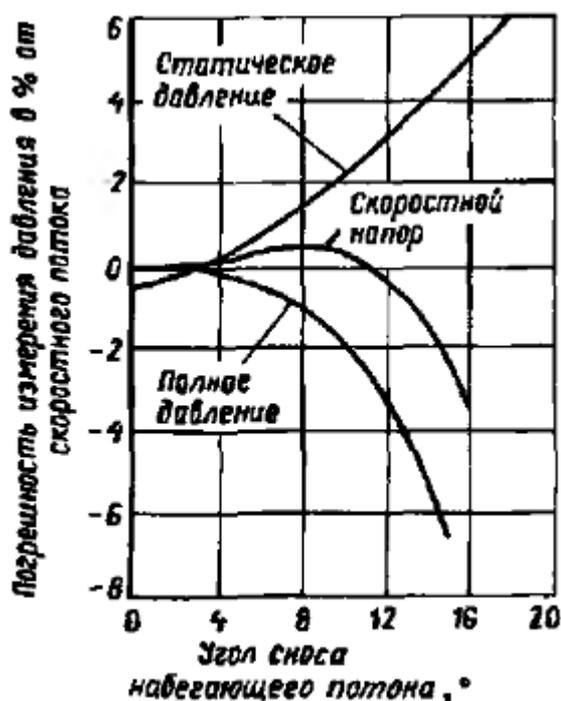


Рисунок 1.2 Погрешность измерения гидрометрической трубки с полусферической головкой при косом обтекании.

«Измеренные статическое и полное давление используется для вычисления скорости свободного воздушного потока.

При использовании гидрометрической трубки следует обращать внимание на то, что приемная носовая часть трубки была параллельна направлению потока, чтобы он в зоне измерения не имел завихрений». [5]

«Особый интерес представляет измерение распределения статического давления по кузову, особенно в местах входных и выходных

вентиляционных отверстий. Эти измерения могут осуществляться либо благодаря установке измерительной насадки для приема статического давления в интересующем месте, или, если позволяет объект испытания, в местах измерения статического давления на кузове выполняются отверстия и устанавливаются соединительные трубки между местом измерения и измерителем давления. Очень точные измерения могут осуществляться с помощью отверстий, выполняемых на кузове в местах интересующего давления. Погрешность, возникающая из-за отверстий и зависящая от его диаметра, как правило очень мала». [5]

#### Измерение скорости

«Точное измерение скорости потока в аэродинамической трубе имеет очень важное значение для правильного проведения испытания. Кроме того, возникает необходимость измерения скорости воздуха вокруг автомобиля, в салоне, или степени турбулентности». [5]

«Измерение скорости потока в аэродинамической трубе. Скорость потока в аэродинамической трубе может определяться исходя из величины скоростного напора свободного потока воздуха». [5]

«Для измерения скорости потока в аэродинамической трубе может использоваться гидрометрическая трубка, установленная в сопле. Измеренное таким образом значение, как правило, должно корректироваться. Для этого в качестве базы может использоваться распределение статического давления по поверхности автомобиля, полученное сначала на дороге, а затем в аэродинамической трубе. Корреляционный анализ таких измерений позволяет осуществить корректировку показаний скорости. Следует отметить, что такой способ измерения скорости, особенно для аэродинамических труб с большим коэффициентом блокировки, позволяет одновременно в измеряемой скорости учесть поправку на блокировку. Другой способ определения скорости потока в аэродинамической трубе заключается в измерении статического давления воздуха в двух соответствующим образом

выбранных для этого точках аэродинамической трубы. Оно может например измеряться, в форкамере и на выходе из него». [5]

Измерение скорости воздуха.

«В процессе испытаний в аэродинамической трубе может возникнуть необходимость измерения скорости воздуха в определенных местах – внутри автомобиля или вне его. Если скорости, которые нужно измерить, малы (менее 10 км/ч), то приближенное их значение можно измерить с помощью гидрометрической трубки. Хорошими устройствами для этих целей являются крыльчатый анемометр и термоанемометр. Степень турбулентности воздушного потока можно замерить с помощью термоанемометра». [5]

«Крыльчатый анемометр состоит из крыльчатки, помещенной в цилиндрический корпус. Скорость вращения крыльчатки соответствует скорости воздуха, которую требуется измерить, поэтому измеряемым параметром является число оборотов крыльчатки. Крыльчатые анемометры так же чувствительны к направлению потока». [5]

«Принцип работы термоанемометра базируется на зависимости электрического сопротивления металла от температуры. Измерение осуществляется по степени охлаждения набегающим потоком воздуха расположенных перпендикулярно к потоку проволочных зондов, нагреваемых электрическим током. Для проведения измерения проволочный зонд включается в мостовую схему. Питание осуществляется постоянным током, в этом случае температура, а значит, и сопротивление зонда уменьшаются с увеличением скорости воздуха. В качестве измеряемого параметра для определения скорости воздуха в первом случае служит разность потенциалов моста, во втором случае – рабочее напряжение моста». [5]

«Термозонды перед их применением градуируются с помощью миниатюрной аэродинамической трубы». [5]

## Измерение температуры

«При проведении многих испытаний в аэродинамической трубе, когда определяется производительность системы охлаждения, системы отопления, системы кондиционирования, а затем эксплуатационные температуры таким систем и узлов автомобиля, как система выхлопа, тормоза, детали кузова и т.д., особое значение имеет правильное измерение температур». [5]

«При проведении испытаний различают два вида измерений температур: измерения абсолютных температур, измерение разности температур». [5]

«Датчики для измерения температур. 1. Термопары. Для измерения температур при испытаниях в аэродинамических трубах широкое распространение получили термопары». [5]

## Измерение расхода воздуха

«Часто требуется измерить объем воздуха, который поступает через вентиляционные отверстия в салон и выходит из салона через вытяжные отверстия и возможные неплотности кузова». [5]

«Расход воздуха зависит от скоростей набегающего потока и угла скаса потока, от положений заслонок и числа оборотов вентилятора системы отопления и вентиляции». [5]

«Измерение расхода с помощью характеристик расхода воздуха через неплотности в кузове и вытяжные отверстия. Для определения расхода воздуха через салон часто используется описанный ниже способ. Измерения осуществляется в два этапа. Сначала определяются так называемые характеристики расхода воздуха через неплотности кузова и вытяжные отверстия. Испытание проходит следующим образом. Заклеиваются приточные вентиляционные отверстия. Расположенный вне автомобиля вентилятор, расход воздуха которого можно точно измерить, соединяется гибким воздуховодом с салоном автомобиля. Это можно осуществить, применив вместо обычного заднего стекла специальное

запасное с вмонтированным в него присоединительным патрубком, соединяющимся при помощи гибкого воздуховода с вентилятором». [5]

«В салон автомобиля вентилятором подается различный объемный расход воздуха, при этом измеряется возникающая разность между давлением в салоне и статическим давлением в аэродинамической трубе. Эти измерения проводятся при различных скоростях потока воздуха в трубе, а также при отсутствии потока. Так как речь идет о малых перепадах давления, то место измерения давления в салоне следует защитить от возможных, перемещений воздуха, например, закрыть перфорированной коробкой, наполненной распушенной стекловатой». [5]

«По полученным кривым, измеряя перепад между давлением воздуха в салоне и статическим давлением в аэродинамической трубе при открытых приточных вентиляционных отверстиях, можно определить действительное количество воздуха, поступающее в салон через приточные вентиляционные отверстия». [5]

«Чтобы установить ту часть объемного расхода воздуха, которая истекает из салона через неплотности кузова, можно повторить описанное выше измерение, дополнительно заклеив и вытяжные отверстия. Полученное семейство кривых называется характеристикой расхода воздуха, которая в реальных условиях движения поступила бы через приточные вентиляционные отверстия в салон и затем истекла бы из него через неплотности кузова, можно повторить описанное выше». [5]

## 1.2 Коэффициент аэродинамического сопротивления

Коэффициент аэродинамического сопротивления - безразмерная величина, равная отношению силы лобового сопротивления автомобиля  $F$  к произведению скоростного напора  $Q$

$$Q = \frac{\rho V_a^2}{2} \quad (1.1)$$

Где  $\rho$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$v$  – скорость движения автомобиля относительно воздуха, м/с;

на площадь фронтальной проекции автомобиля  $A$ .

$$C_x = \frac{F}{QA} \quad (1.2)$$

Обычно обозначается как  $C_x$

$$C_x = \frac{2F_B}{\rho A V_a^2} \quad (1.3)$$

где  $A$  – площадь фронтальной проекции автомобиля, м<sup>2</sup>;

$C_x$  – коэффициент аэродинамического сопротивления.

$v$  – скорость объекта относительно воздуха, м/с;

$\rho$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$C_x$  зависит только от площади поперечного сечения, скорости потока, плотности воздуха и силы лобового сопротивления.

Чем меньше  $C_x$ , тем меньше расход топлива при равных других условиях.  $C_x$  современных серийно выпускаемых автомобилей легковых находится в пределах от 0,2 до 0,35. У грузовых тяжелых автомобилей и массивных внедорожников, из-за менее обтекаемого воздухом большого кузова — до 0,5 и более.

Коэффициент сопротивления находится экспериментальным методом продувкой макетов авто в аэродинамической трубе, либо расчётным методом с помощью компьютерного моделирования.

$C_x$  это основа аэродинамики, этот показатель выносит свой вердикт аэродинамичности исследуемого объекта. На силу сопротивления воздуха влияет скорость движения транспортного средства, причем с увеличением скорости автомобиля в два раза, сила сопротивления возрастает в 4 раза, отсюда и появляется большой расход топлива, так как двигателю приходится тратить значительную часть мощности на преодоление этой силы. Воздух имеет достаточную плотность, чтобы препятствовать движению автомобиля, и чем ниже коэффициент  $C_x$ , тем легче «врезается» автомобиль в воздушную «преграду», затрачивая при этом минимум энергии. С увеличением скорости перед автомобилем начинает скапливаться воздушная масса, создается увеличенное давление, препятствующий разрезанию воздуха. Также за движущимся объектом создается область разряжения, которая так же мешает движению автомобиля, её причина отрыв потока от кузова. Но как бы не хотелось повлиять на плотность воздуха инженерам, сделать это невозможно, поэтому конструкторам остается либо уменьшить автомобиль, что ограничивается вместимостью салона и полезным пространством, а также конструкцией автомобиля, либо изменением формы кузова, чем и занимаются конструкторы, продувая автомобили в аэродинамических трубах. Каплевидное тело имеет наименьшее сопротивление, так как плавно разводит поток перед собой, а хвостик сводит его в конце без значительных завихрений. Получается, что капля не создает область повышенного давления перед собой, и не создает область разряжения после себя. Если бы автомобили создавались такими, то их  $C_x$  был бы минимальным, но создание такого кузова не является целесообразным, т.к. это не все элементы конструкции получится внедрить в эту форму.

Выводы: в данном разделе был проведен и обзор работ по аэродинамике приведена формула коэффициента  $C_x$ .

## 2. Экспериментальное исследование сопротивления воздуха и нахождение коэффициента $C_x$

### 2.1 Методика проведения испытания

Подготовительный этап:

- 1) Подключается блок питания к вентиляторам
- 2) Закрепляется динамометр на штанге
- 3) Устанавливается модель автомобиля на площадку измерения
- 4) Модель автомобиля с помощью лески через ролик соединяется с

динамометром

Этап испытаний:

- 1) Запускается установка
- 2) Снимается значение силы сопротивления с динамометра
- 3) Выключается установка
- 4) Убирается модель автомобиля с площадки измерения
- 5) Устанавливается на место модели машины анемометр
- 6) Запускается установка
- 7) Снимаются значения скорости ветра с анемометра
- 8) Вычисляется площадь поперечного сечения модели

$$A = 0.8H_M B_M \quad (2.1)$$

A - Площадь поперечного сечения модели

H - Высота модели

B - Ширина Модели

- 9) По известной формуле  $F_B = \frac{C_x \rho}{2} A V_a^2$  выводится  $C_x$  (2.2)

$$C_x = \frac{2F_B}{\rho A V_a^2} \quad (2.3)$$

где A – площадь фронтальной проекции автомобиля, м<sup>2</sup>;

$v$  – скорость движения автомобиля относительно воздуха, м/с;

$\rho$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$c_x$  – коэффициент аэродинамического сопротивления.

10) Делается вывод о значении  $C_x$  для испытуемой модели автомобиля

11) При необходимости опыт повторяется. С пункта 1.



Рисунок 2.1 Аэродинамический стенд

Выводы: В данном разделе изложена методика и формулы, по которым производится расчет значения  $C_x$ .

## 2. Практическое проведение испытания

### Опыт 1 Модель без спойлера

1. При продувке модели без спойлера значение  $F_B = 0,539\text{Н}$
2. Площадь поперечного сечения модели равна

$$A = 0.8H_M B_M \quad (3.1)$$

$$A = 0.8 \cdot 0.09 \cdot 0.08 = 0.00576\text{м}^2$$

3. Скорость движения воздуха измеренная с помощью анемометра  
 $V_a = 12\text{м/с}$
4. Плотность воздуха принята  $\rho = 1,293\text{кг/м}^3$
5. Подставляем значения в формулу  $C_x$

$$C_x = \frac{2F_B \cdot \cos 60}{\rho A V_a^2}, \quad (3.2)$$

где  $\cos 60$  - угол под которым приложена сила

Получаем

$$C_x = \frac{2 \cdot 0.539 \cdot \frac{1}{2}}{1.293 \cdot 0.00576 \cdot 12^2} = 0.5 \quad (3.3)$$

### Опыт 2 Модель со спойлером на крыше

1. При продувке модели со спойлером на крыше значение  $F_B = 0,539\text{Н}$
2. Площадь поперечного сечения модели равна

$$A = 0.8H_M B_M \quad (3.4)$$

$$A = 0.8 \cdot 0.09 \cdot 0.12 = 0.00864\text{м}^2$$

3. Скорость движения воздуха измеренная с помощью анемометра  
 $V_a = 12\text{м/с}$
4. Плотность воздуха принята  $\rho = 1,293\text{кг/м}^3$
5. Подставляем значения в формулу  $C_x$

$$C_x = \frac{2F_B \cdot \cos 60}{\rho A V_a^2} \quad (3.5)$$

Получаем

$$C_x = \frac{2 \cdot 0.98 \cdot \frac{1}{2}}{1.293 \cdot 0.00576 \cdot 12^2} = 0.6 \quad (3.6)$$

Из вышеуказанных испытаний, следует что при установке спойлера на крышу автомобиля, возрастает  $C_x$ , это объясняется тем, что площадь поперечного сечения увеличивается, в связи с чем увеличивается и  $C_x$ , что негативно сказывается на аэродинамику модели автомобиля. Без спойлера, модель автомобиля, была более аэродинамична.

Выводы: при проведении испытаний выяснилось, что скорость движения воздуха не позволяет стенду проводить исследовательскую работу, но он может быть использован для лабораторных работ и наглядно демонстрировать нахождение величины  $C_x$ . Так же при сравнении моделей подтвердились теоретические доводы, что с увеличением высоты модели возрастает и  $C_x$ . Данная установка полностью соответствует возложенным на неё задачам нахождения коэффициента  $C_x$ .

#### 4. Тягово-динамический расчет автомобиля

Параметры и данные, заданные техническим заданием: вид авто, вместимость пассажиров, коэффициент дорожного сопротивления  $\psi_v$ , максимальное сопротивление, которое автомобиль преодолевает на первой передаче  $\psi_{\max}$ , тип двигателя, колесная формула.

Снаряженная масса автомобиля  $m_0$ , лобовая площадь  $F$ , распределение массы по осям груженого автомобиля, угловая скорость коленчатого вала  $\omega_N$  двигателя при максимальной мощности  $N_{\max}$ , механический коэффициент полезного действия (КПД) трансмиссии  $\eta_{\text{тр}}$ , коэффициент аэродинамического сопротивления  $C_x$ . Эти параметры задаются в зависимости от испытаний и статистических данных по существующим моделям, с учетом прогрессивного развития автомобильной техники и перспективного типажа авто.

Зависимости и данные при расчетах: максимальная мощность двигателя автомобиля  $N_{\max}$ , передаточное число главной передачи автомобиля  $U_0$ , передаточные числа коробки передач  $U_k$  и раздаточной коробки  $U_d$ , а также зависимости:

- топливно-экономическая характеристика.
- мощностной баланс автомобиля;
- внешняя скоростная характеристика двигателя;
- динамическая характеристика автомобиля;
- тяговая характеристика автомобиля и силовой баланс;
- зависимость от скорости автомобиля: ускорения, времени и пути разгона;

#### 4.1 Исходные данные для тягового расчета

Для выполнения тягового расчета необходимо определить снаряженную массу автомобиля  $m_0$ . На первом этапе проектирования ее находим ориентировочно, исходя из грузоподъемности, назначения, первоначально задуманной конструктором компоновки автомобиля на основе накопленного статистического материала, то есть опираясь на среднюю величину отношения грузоподъемности  $m_r$  к снаряженной массе  $m_0$  автомобиля.

При отсутствии подробных данных по удельной грузоподъемности можно их принять по таблице 1.1.

$$\eta_t = m_r / m_0 \quad (1)$$

Таблица 4.1

Удельная грузоподъемность автомобилей

Тип автомобилей	$\eta_m$
Легковые	
Особо малого класса	0,32 – 0,56
Малого класса	0,28 – 0,46
Среднего класса	0,26 – 0,30
Большого класса	0,21 – 0,25
Высшего класса	0,16 – 0,18

Полная масса автомобиля находится по формуле:

$$m_a = m_0 + m_{\text{ч}}(n) + m_{\delta}, \quad (2)$$

$m_{\text{ч}}$  – масса человека 75 кг;

где  $m_0$  – масса автомобиля снаряженная, (кг);

$n$  – число пассажиров;

$m_{\delta}$  – вес багажа 10 кг на 1 пассажира.

$$m_a = 1088 + 375 + 50 = 1513 \text{ кг.}$$

«Для подбора шин необходимо знать нагрузку, приходящуюся на одно колесо, а для этого – распределение нагрузки по осям автомобиля.

У легковых автомобилей распределение нагрузки от полной массы по осям зависит в основном от компоновки: у автомобилей, имеющих классическую компоновку, на заднюю ось приходится 52-55% нагрузки от

полной массы, у автомобилей с задним расположением двигателя 56-60%, у переднеприводных 40-45%, у полноприводных 45-55%». [15]

Зная размер шин, определяем статический радиус колеса:

$$r_{ст} = 0.5 * d + \lambda z * H \quad (3)$$

$d = 14$  – диаметр посадочный

$\lambda_z = 0.86$  – коэффициент вертикальной деформации, зависящий от типа шин

$H/V = 65$  – отношение ширины профиля шины к ее высоте, %

$V = 0.175$  – ширина шины (профиля), м

$H = 65 * 0.175 = 0.114$  – высота шины (профиля), м

$$r_{ст} = 0.5 * 0.356 + 0.86 * 0.114 = 0.28 \text{ м}$$

$$r_{ст} \approx r_d \approx r_k = 0.28 \text{ м}$$

На дорогах с твердым покрытием  $r_{ст} \approx r_d \approx r_k$ ,

где  $r_d$  – динамический радиус колеса;

$r_k$  – радиус качения колеса.

Затем выбираем параметры обтекаемости автомобиля: коэффициент аэродинамического сопротивления и лобовую площадь автомобиля.

Коэффициент аэродинамического сопротивления  $C_x$  зависит от формы и качества окраски автомобиля.  $C_x=0,34$ .

Часто применяемый в литературе коэффициент обтекаемости  $k$  связан с  $C_x$  следующей зависимостью:

$$k = C_x \cdot \rho / 2 , \quad (4)$$

где  $\rho$  – плотность воздуха в нормальных условиях (760 мм рт.ст.),  $\rho=1,293$ .

$$k=0,34 \cdot 1,293/2=0,2327 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4.$$

При расчетах лобовую площадь  $F$  легковых автомобилей со стандартным кузовом определяют по приближенной формуле:

$$F=0,8 \cdot V_r \cdot H_r , \quad (5)$$

где  $V_r$  – ширина автомобиля габаритная, м;

$H_r$  - высота автомобиля габаритная, м.

$$F=0,8 \cdot 1,68 \cdot 1,42=1.908 \text{ м}^2$$

Среднее значение коэффициентов  $C_x$ ,  $k$  и площади  $F$  приведены в таблице 1.2.

Таблица 4.2

Параметры обтекаемости автомобилей

Автомобили	$F, \text{ м}^2$	$C_x$	$k, \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$
Легковые	1,6 – 2,6	0,3 – 0,52	0,2 – 0,35

Механический КПД трансмиссии для всех пяти передач постоянно, так как происходящее увеличение потерь мощности на преодоление трения в зубчатых зацеплениях при включении низших передач в коробке компенсируется одновременным уменьшением гидравлических потерь в агрегатах трансмиссии.

В расчетах могут приниматься следующие средние величины КПД для автомобилей (таблица 1.3).

Таблица 4.3

КПД трансмиссии автомобилей

Типы автомобилей	КПД
Легковые	0,92 – 0,90

«При малой скорости автомобиля (до 10-15 м/с) коэффициент сопротивления качению  $f$  можно считать постоянным. Высокая скорости автомобиля создает энергетические потери в шине, в следствии чего коэффициент сопротивления качению возрастает». [15] Для нахождения коэффициенте качения пользуемся формулой:

$$f = f_0(1 + V^2/2000), \quad (6)$$

где  $f_0$  - коэффициент качения с малой скоростью;

$V$  – скорость автомобиля, м/с.

$$f = 0,014 \cdot (1 + 51.39^2/2000) = 0,0325.$$

При движении по мягкому грунту, песку и снегу, учитывая большое количество различных факторов, влияющих на величину коэффициента, в расчет вводят его средние значения (таблица 1.4).

Таблица 4.4

Коэффициент сопротивления качению

Тип и состояние дорог	f
Асфальтобетонное и цементобетонное шоссе:	
в отличном состоянии	0,012 – 0,018
в удовлетворительном состоянии	0,018 – 0,020
Бульжная мостовая	0,023 – 0,030
Дорога с гравийным покрытием	0,020 – 0,025
Грунтовая дорога:	
сухая укатанная	0,025 – 0,035
после дождя	0,050 – 0,15
Песок	0,10 – 0,30
Укатанный снег	0,03 – 0,05

Коэффициент сцепления в продольном направлении  $\phi$  приведен в таблице 4.5.

Таблица 4.5

Коэффициент сцепления с дорогой

Тип дорог	Состояние поверхности	
	Сухая дорога	Мокрая дорога
Асфальтобетонное и цементобетонное шоссе	0,7 – 0,8	0,35 – 0,6
Дорога с щебеночным покрытием	0,6 – 0,7	0,30 – 0,40
Грунтовая дорога	0,5 – 0,6	0,20 – 0,40
Лед	0,1 – 0,2	0,10 – 0,20
Снег	0,2 – 0,3	0,20 – 0,30

## 4.2 Нахождение передаточного числа главной передачи

Передаточное число:

$$U_0 = \frac{r_k}{U_k} \times \frac{\omega_{max}}{V_{max}}, \quad (7)$$

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

$U_k$  – передаточное число на высших передачах (дополнительные редукторы, если они есть, учитываются в знаменателе).

$$U_0 = \frac{0,28}{0,78} \times \frac{630}{51,39} = 4,34 \quad (8)$$

В дальнейшем  $U_0$  принимаем 3,8.

Заднеприводные автомобили с передним расположением двигателя имеют разновидность коробки передач, высшая передача у них бывает прямой или повышающей. У двух вальных коробок передач обычно применяют повышающую, передаточное число повышающей передачи принимается 0,6 -0,8.

При определении  $U_0$  по максимальной скорости  $V_{max}$  задаются максимальной угловой скоростью  $\omega_{max}$ . Для легковых автомобилей  $\omega_{max}=650...400$  рад/с.

Правильность выбора передаточного числа  $U_0$  определяется по мощностному балансу автомобиля, при этом  $V_{max}$  должна быть в пределах (1,0...1,35)  $V_N$  – скорости, соответствующей максимальной мощности на ведущих колесах.

Главные передачи заднеприводных легковых автомобилей имеют передаточные числа 3,1-4,9, а переднеприводные – 3,7-5,1.

### 4.3 Расчет внешней скоростной характеристики двигателя

Вначале находят мощность двигателя при максимальной скорости автомобиля  $N_v$  с учетом КПД трансмиссии (в Вт):

$$Nv = \frac{1}{\eta_{тр}} (G_a \times \psi_v \times V_{max} + \frac{c_x}{2} \times \rho \times F \times V_{max}^3) \quad (9)$$

где  $\psi_v$  – коэффициент сопротивления дороги при  $V_{max}$ ;

При расчетах обычных автомобилей (легковых) коэффициент суммарного дорожного сопротивления приравнивают коэффициенту качения при  $V_{max}$ .

$$\psi_v = f = 0.0325$$

$G_a = m_a * g$  – полный вес автомобиля, Н

$\rho = 1.293$  – плотность воздуха (760 мм.рт.ст.)

$$Nv = \frac{1}{0.92} \times (1513 \times 9.81 \times 0.0325 \times 51.39 + 0.2198 \times 1.908 \times 51.39^3) 88819 \approx \\ \approx 88.82 \text{ кВт}$$

Максимальная мощность в зависимости от типа двигателя:

$$N_{max} = \frac{N_v}{a*\lambda + b*\lambda^2 - c*\lambda^3}$$

(10)

$a = b = c = 1$  – эмпирические коэффициенты для двигателей с карбюратором.

$\lambda = \omega_V / \omega_N$  – частота вращения коленчатого вала при максимальной скорости, к частоте вращения при максимальной мощности

Задаем  $\lambda = 1.11$

$$\text{Тогда, } \omega_N = \frac{\omega_V}{\lambda} = \frac{630}{1.11} = 568 \text{ с}^{-1}$$

Таблица 4.6

Значения коэффициентов для расчета внешней скоростной характеристики

Тип двигателя	a	b	c
Карбюраторный	1	1	1

$$N_{\max} = \frac{88819}{1 \cdot 1.11 + 1 \cdot 1.11^2 - 1 \cdot 1.11^3} = 91146 \text{ Вт} \approx 91.15 \text{ кВт}$$

По полученным значениям  $N_{\max}$ ,  $N_v$  и формуле (11) рассчитываем внешнюю скоростную характеристику двигателя:

Эффективная мощность двигателя:

$$N_e = N_{\max} * \left[ a \times \left( \frac{\omega_e}{\omega_N} \right) + b \times \left( \frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - c \times \left( \frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right] \quad (11)$$

$\omega_e$  – текущее значение частоты вращения коленчатого вала

$N_e$  – текущее значение эффективной мощности двигателя, кВт

Эффективный момент двигателя:

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e} \quad (12)$$

Принимаем минимальную частоту вращения коленчатого вала:

$$\omega_{\min} = 100 \text{ с}^{-1}$$

В дальнейшем применяем  $N_{\max}=91$  кВт,  $M_{\max}=200$  Нм.

Результаты расчетов сведем в таблицу 1.7

Таблица 4.7

$\omega_e, \text{с}^{-1}$	100	153	206	259	312	365	418	471	524	577	630
$N_e,$ кВт	18,374 5	29,38 354	40,69 712	51,87 1	62,46 083	72,02 238	80,11 133	86,28 338	90,09 426	91,09 965	88,85 528
$M_e,$ Нм	183,74 5	192,0 493	197,5 588	200,2 74	200,1 95	197,3 216	191,6 539	183,1 919	171,9 356	157,8 85	141,0 401

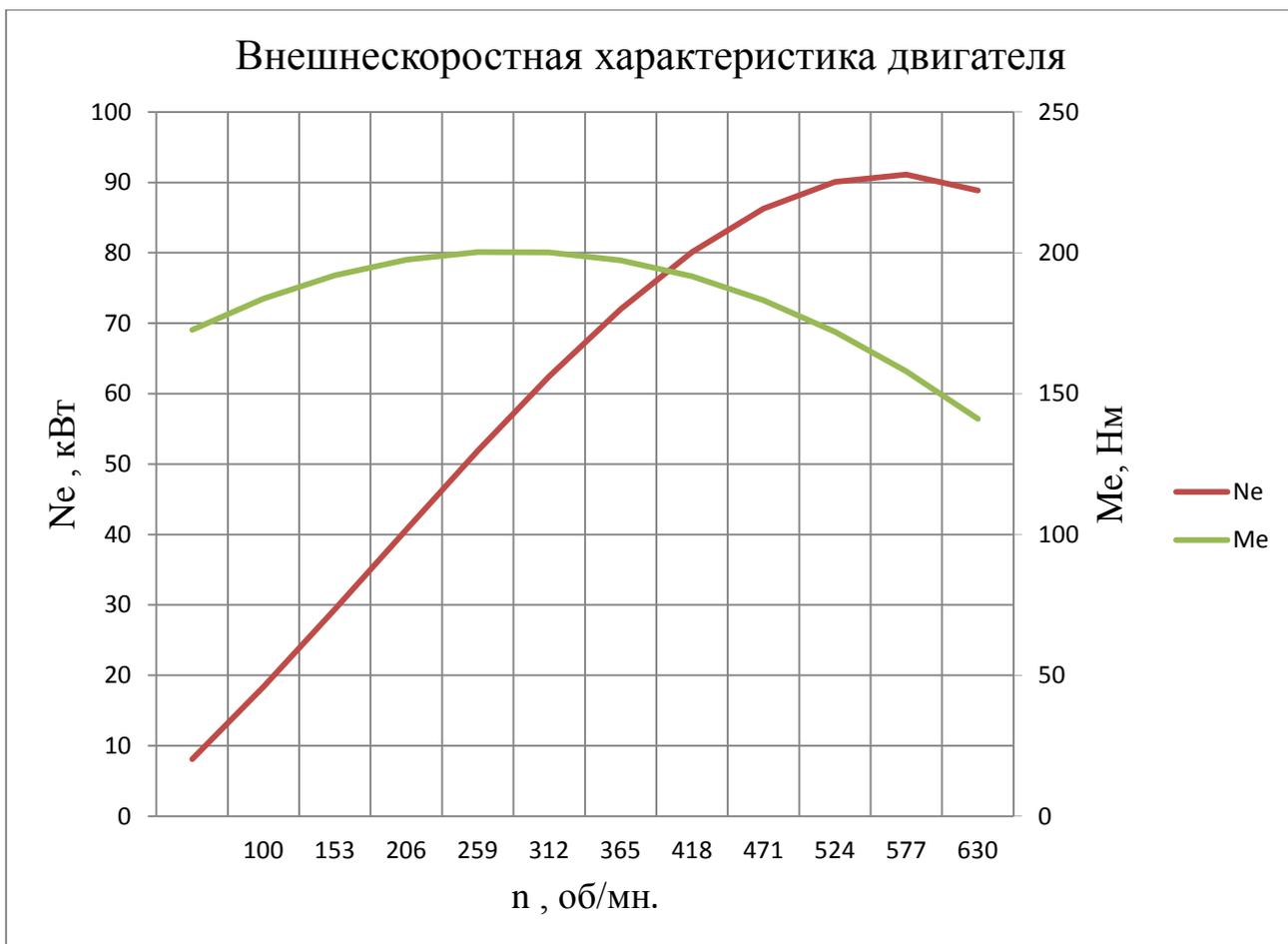


Рисунок 4.1

#### 4.4 Нахождение передаточных чисел коробки передач и раздаточной коробки

Передаточное число  $U_0$  определяется исходя из  $V_{max}$  автомобиля.

$$U_0 = \frac{r_k}{U_k} \times \frac{\omega_{max}}{V_{max}}, \quad (15)$$

Где  $\omega_{max}$  – угловая скорость коленвала максимальная.

$U_k$  – такое передаточное число высшей передачи, при которой обеспечивается максимально возможная скорость автомобиля.

$$U_0 = \frac{0,28}{0,78} \times \frac{630}{51.39} = 4.34$$

где  $U_0$  – передаточное число главной передачи;

«Для обеспечения возможности движения автомобиля при заданном максимальном дорожном сопротивлении тяговая на ведущих колесах  $P_T$  должна быть больше силы сопротивления дороги  $P_d$ » [9], т.е.

$$U1 \geq \frac{G_a \times \psi_{max} \times r_k}{M_{max} \times \eta_{тр} \times U_0} \quad (16)$$

Где  $M_{max}$  – максимальный эффективный момент двигателя, Нм

$\psi_{max} = \alpha_{max} + f_0 = 0.32 + 0.014 = 0.334$  – максимальный коэффициент сопротивления дороги

$$U1 \geq \frac{14842.5 \times 0.334 \times 0.28}{200 \times 0.92 \times 4.34} \geq 1.71$$

Для недопущения буксования колес тяговая сила на первой передаче не должна быть больше силы сцепления колес с поверхностью:

$$U1 \leq \frac{G_{сц} \times \varphi \times r_k}{M_{max} \times \eta_{тр} \times U_0} \quad (17)$$

$G_{сц} = m1 * G = 0.9 * 1513 = 13358$  Н – вес автомобиля (сцепной);

$$U1 \leq \frac{13358 \times 0.8 \times 0.28}{200 \times 0.92 \times 4.34} \leq 4.15$$

Для автомобилей с приводом на передние и задние колеса сцепной вес автомобиля можно определить по формуле:

$$G_{сц} = m1G1, \text{ или } G_{сц} = m2G2, \quad (18)$$

где  $G1$  и  $G2$  – вес, на передней оси автомобиля и задней соответственно;

$m1$  и  $m2$  – соответственно коэффициент перераспределения нагрузки на передние и задние колеса.

В расчете можно принять  $m_1=0,8...0,9$ ;  $m_2=1,05...1,12$ ;  $\varphi=0,8$  (сухое асфальтированное покрытие).

Задаем  $U_1 = 3.71$  и определим передаточные числа остальных передач

$$U_2 = 1.954$$

$$U_3 = 1.363$$

$$U_4 = 0.942$$

$$U_5 = 0.781$$

$$U_{зх} = 1.3 * U_1 = 1.3 * 3.4 = 4.823$$

Рассчитаем скорость автомобиля на разных передачах:

$$V = \frac{r_k \times \omega_B}{U_0 \times U_k} \quad (19)$$

Занесем данные в таблицу 4.8.

Таблица 4.8.

n, об/мин	Скорость на выбранной передаче, м/с				
	1	2	3	4	5
955	1,71	3,3	4,58	6,86	8,16
1461	2,62	5,05	7,01	10,5	12,48
1967	3,53	6,8	9,44	14,13	16,8
2473	4,44	8,56	11,87	17,77	21,13
2979	5,35	10,31	14,3	21,4	25,45
3486	6,26	12,06	16,73	25,04	29,77
3992	7,17	13,81	19,16	28,67	34,1
4498	8,08	15,56	21,59	32,31	38,42
5004	8,99	17,31	24,02	35,95	42,74
5510	9,9	19,06	26,45	39,58	47,07
6016	10,8	20,81	28,88	43,22	51,39

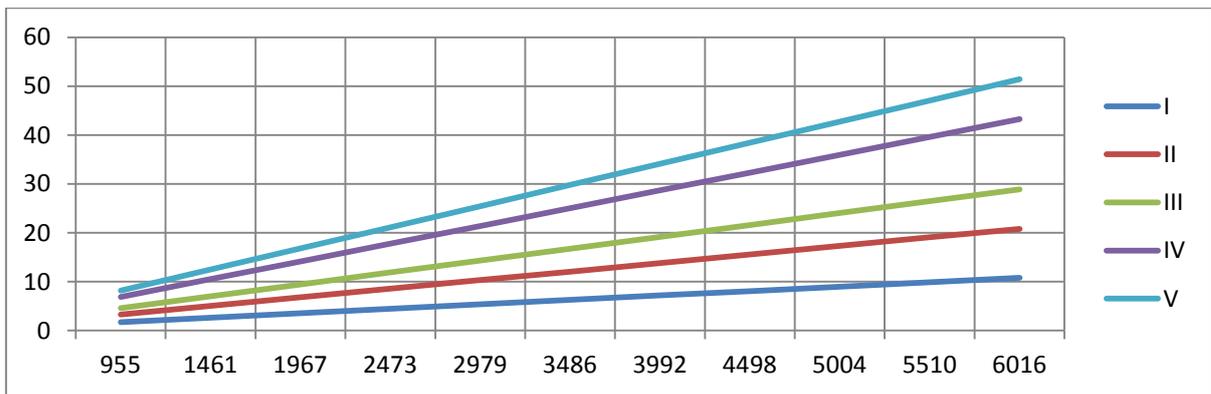


Рисунок 4.2

#### 4.5 Тяговый баланс автомобиля.

К данному этапу расчета основные параметры автомобиля уже определены, а перед разработчиков становится задача получить наглядные графики характеристик проектируемого автомобиля, овладеть методами их анализа и проверить правильность рассчитанных параметров автомобиля. Из уравнения движения автомобиля, связывающего все силы, действующие на автомобиль во время, легко получить силового баланс (уравнение):

$$P_T = P_D + P_B + P_\Sigma$$

$P_T$  – сила тяги колес;

$P_D$  – сила сопротивления дорожного;

$P_B$  – сила сопротивления воздуха;

$P_\Sigma$  – сила сопротивления автомобиля при разгоне.

На разных передачах силу тяги рассчитываются по формуле:

$$P_T = \frac{U_k \times U_0 \times M_e \times \eta_{тр}}{r_k} \quad (20)$$

Где  $U_k$  - передаточное число коробки передач;

$M_e$  – величина эффективного момента двигателя (Нм)

$$V = \frac{r_k \times \omega_B}{U_0 \times U_k}$$

При движении автомобиль приобретает силу сопротивления воздуха, которую определяют по формуле:

$$P_B = \frac{1}{2} \times C_x \times \rho \times F \times V^2 \quad (21)$$

Сопротивления качению(сила):

$$P_D = G_a \times \psi, \text{ где } \psi = f \quad (22)$$

Суммарная силы:

$$P_\Sigma = P_B + P_D \quad (23)$$

Таблица 4.9

n, об/мин	Тяговая сила на ведущих колесах на передаче, Н					Сила сопротивления на 5 передаче, Н		
	1	2	3	4	5	P <sub>B</sub>	P <sub>D</sub>	P <sub>Σ</sub>
955	9857,023	5117,511	3687,358	2464,26	1906,62	27,93	184,04	211,97
1461	10302,48	5348,782	3853,997	2575,62	1992,79	65,34	191,98	257,32
1967	10598,04	5502,228	3964,561	2649,51	2049,86	118,4	203,25	321,65
2473	10743,7	5577,849	4019,049	2685,92	2078,06	187,3	217,87	405,17
2979	10739,45	5575,647	4017,462	2684,86	2077,27	271,71	235,79	507,5
3479	10585,31	5495,62	3959,8	2646,33	2047,49	371,79	257,04	628,83
3996	10281,27	5337,769	3846,062	2570,32	1988,62	487,8	281,66	769,46
4498	9827,325	5102,093	3676,249	2456,83	1900,87	619,23	309,56	928,79
5004	9223,482	4788,593	3450,36	2305,87	1784,03	766,31	340,79	1107,1
5510	8469,738	4397,269	3168,397	2117,43	1638,2	929,44	375,42	1304,86
6016	7566,094	3928,12	2830,358	1891,52	1463,49	1107,88	413,3	1521,18

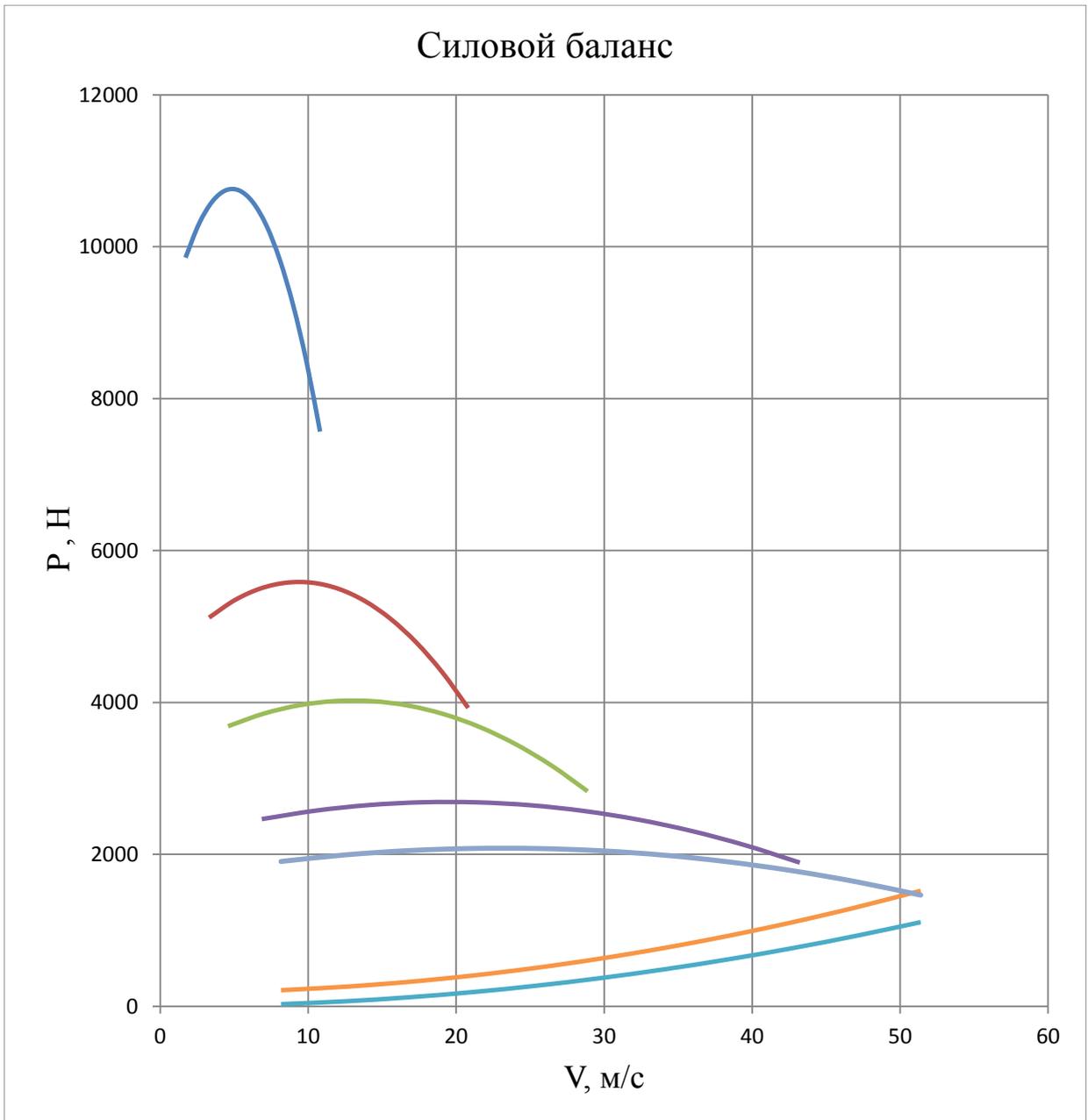


Рисунок 4.3

Таблица 4.10

I		II		III		IV		V	
V, м/с	P <sub>B</sub>								
1,71	1,23	3,3	4,57	4,58	8,8	6,86	19,74	8,16	27,93
2,62	2,88	5,05	10,7	7,01	20,61	10,5	46,25	12,48	65,34
3,53	5,23	6,8	19,4	9,44	37,38	14,13	83,76	16,8	118,4
4,44	8,27	8,56	30,74	11,87	59,11	17,77	132,47	21,13	187,3
5,35	12,01	10,31	44,59	14,3	85,78	21,4	192,12	25,45	271,71
6,26	16,44	12,06	61,01	16,73	117,42	25,04	263,03	29,77	371,79
7,17	21,57	13,81	80,01	19,16	154	28,67	344,82	34,1	487,8
8,08	27,39	15,56	101,57	21,59	195,54	32,31	437,93	38,42	619,23
8,99	33,9	17,31	125,7	24,02	242,04	35,95	542,17	42,74	766,31
9,9	41,12	19,06	152,4	26,45	293,49	39,58	657,18	47,07	929,44
10,8	48,93	20,81	181,67	28,88	349,89	43,22	783,62	51,39	1107,88

#### 4.6 Динамические характеристики автомобиля.

«D – динамический фактор ,находится как отношение разности силы тяги и силы сопротивления воздуха к весу авто:

$$D = \frac{P_T - P_B}{G_a} \quad (23)$$

Данные и формула силового баланса помогают рассчитать и построить характеристику автомобиля динамическую, которая является графическим изображением зависимости D от скорости движения при различных передачах и при максимальной загруженности автомобиля». [15]

Таблица 4.11

n, об/ми н	D на передаче					Коэффициент сопротивления $f$				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
955	0,664	0,3445	0,2478	0,1647	0,1266	0,033	0,033	0,033	0,033	0,034
1461	0,6939	0,3596	0,2583	0,1704	0,1299	0,033	0,033	0,033	0,034	0,035
1967	0,7137	0,3694	0,2646	0,1729	0,1301	0,033	0,033	0,034	0,036	0,037
2473	0,7233	0,3737	0,2668	0,172	0,1274	0,033	0,034	0,035	0,038	0,04
2979	0,7228	0,3726	0,2649	0,1679	0,1216	0,033	0,034	0,036	0,04	0,043
3486	0,7121	0,3662	0,2589	0,1606	0,1129	0,033	0,035	0,037	0,043	0,047
3992	0,6912	0,3542	0,2487	0,1499	0,1011	0,033	0,036	0,038	0,046	0,051
4498	0,6603	0,3369	0,2345	0,136	0,0863	0,034	0,036	0,04	0,049	0,056
5004	0,6191	0,3142	0,2162	0,1188	0,0686	0,034	0,037	0,042	0,053	0,062
5510	0,5679	0,286	0,1937	0,0984	0,0478	0,034	0,038	0,044	0,058	0,068
6016	0,5065	0,2524	0,1671	0,0746	0	0,034	0,04	0,046	0,063	0,075

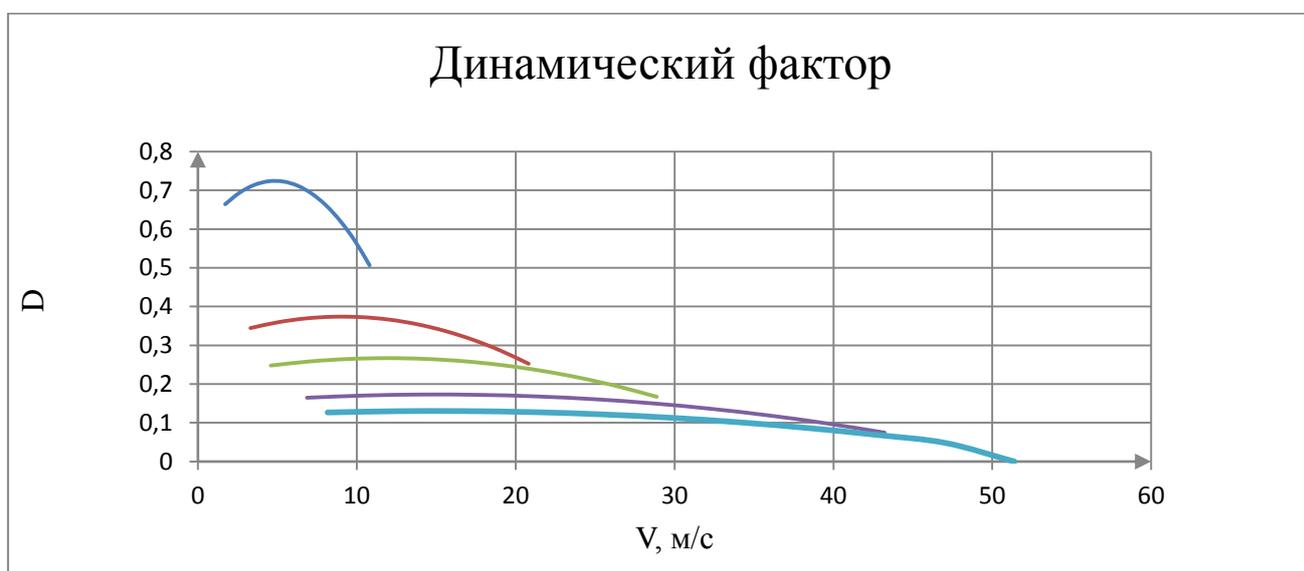


Рисунок 4.4

#### 4.7 Разгон автомобиля.

«Ускорение во время разгона определяют для случая движения автомобиля по горизонтальной дороге с твердым покрытием хорошего качества при максимальном использовании мощности двигателя и отсутствия буксования ведущих колес». [15] Ускорение находят:

$$J = \frac{(D-f) \times g}{\delta_{вр}}, \text{ где} \quad (24)$$

$$\delta_{вр} = 1 + \frac{(I_M \times \eta_{тр} \times U_{тр} + I_k) \times g}{G_a \times r_k^2}, \text{ где} \quad (25)$$

$I_M$  – момент инерции вращающихся деталей двигателя;

$U_{тр} = U_0 * U_k$  – трансмиссионное передаточное число;

$I_k$  – суммарный момент инерции ведущих колес.

Если точное значение  $I_M$  и  $I_k$  неизвестно то,  $\delta_{вр}$  определяют по формуле:

$$\delta_{вр} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 * U_{2к}); \text{ где} \quad (26)$$

$U_k$  – передаточное число коробки передач на данной передаче

$\delta_1$  – коэффициент учета вращающихся масс колес

$\delta_2$  – коэффициент учета вращающихся масс двигателя:

$$\delta_1 = \delta_2 = 0.03 - 0.05$$

Данные расчетов коэффициентов учета вращающихся масс на всех передачах:

$$1 \text{ передача } \delta_{вр} = 1.741$$

$$2 \text{ передача } \delta_{вр} = 1.241$$

$$3 \text{ передача } \delta_{вр} = 1.141$$

4 передача  $\delta_{вр} = 1.0931$

5 передача -  $\delta_{вр} = 1.081$

Таблица 4.13

n, об/ми н	Ускорение на передачи м/с <sup>2</sup> :					Величина, обратная ускорению на передаче, с <sup>2</sup> /м :				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
955	3,564	2,477	1,843	1,187	0,855	0,281	0,404	0,543	0,842	1,17
1461	3,733	2,597	1,932	1,238	0,884	0,268	0,385	0,518	0,808	1,131
1967	3,845	2,675	1,986	1,26	0,886	0,26	0,374	0,504	0,794	1,129
2473	3,899	2,709	2,005	1,252	0,862	0,256	0,369	0,499	0,799	1,16
2979	3,896	2,701	1,989	1,215	0,809	0,257	0,37	0,503	0,823	1,236
3486	3,836	2,65	1,938	1,15	0,73	0,261	0,377	0,516	0,87	1,37
3992	3,718	2,554	1,85	1,054	0,623	0,269	0,392	0,541	0,949	1,605
4498	3,543	2,417	1,729	0,929	0,489	0,282	0,414	0,578	1,076	2,045
5004	3,311	2,237	1,572	0,775	0,328	0,302	0,447	0,636	1,29	3,049
5510	3,022	2,013	1,38	0,592	0,139	0,331	0,497	0,725	1,689	5,3
6016	2,675	1,746	1,152	0,378	-0,295	0,374	0,573	0,868	2,646	-3,39

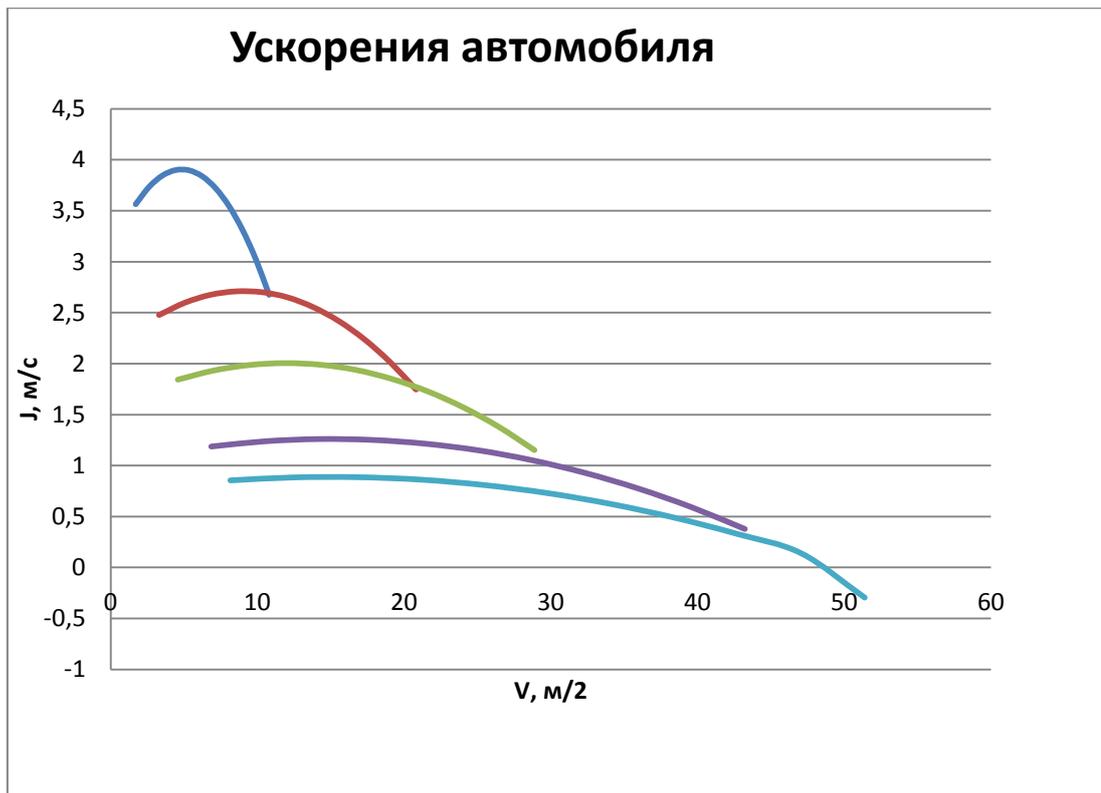


Рисунок 4.5

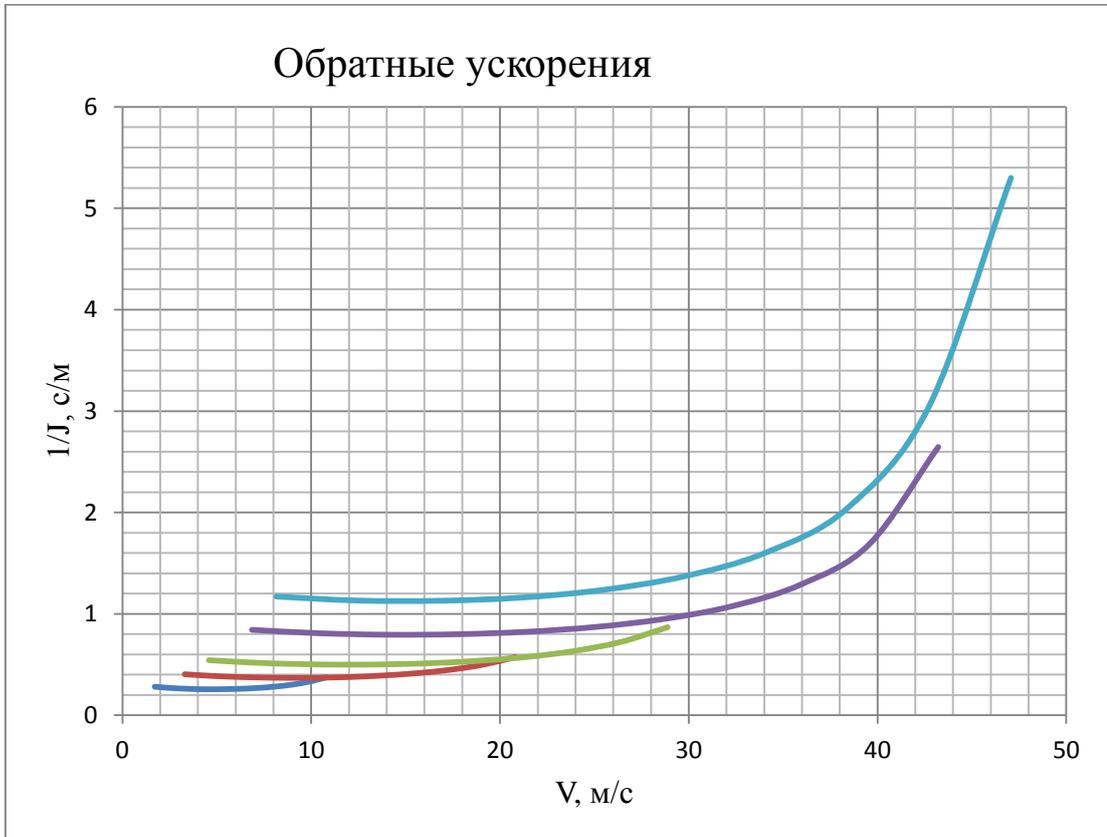


Рисунок 4.6

Графоаналитическим способом определяется время и путь разгона.

$$\Delta t = \int_{V_1}^{V_2} \frac{1}{j} \times dV \approx \left( \frac{1}{j_{cp}} \right)_2 \times (V_2 - V_1) \quad (27)$$

Результаты расчетов приведены в таблицу 4.15

Таблица 4.15

V	t	1/J	$\Delta S$	S
0	0	0	0	0
1,4	1,472	0,32	1,0304	1,0304
6	3,122	0,33	6,105	7,1354
11	5,122	0,4	17	23,105
16	7,672	0,51	34,425	51,425
21	9,792	0,53	39,22	73,645
25	13,092	0,66	75,9	115,12
30	18,542	1,09	149,875	225,775
35	25,042	1,3	211,25	361,125
40	33,442	2,1	315	526,25
44	43,442	2,5	420	735
48	55,642	3,05	561,2	981,2
52	67,842	6,1	610	1171,2

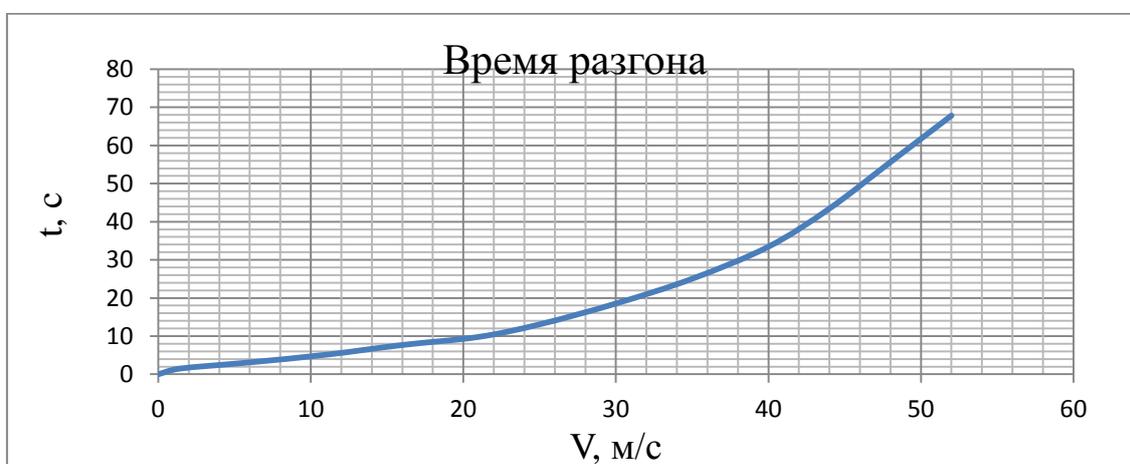


Рисунок 4.7

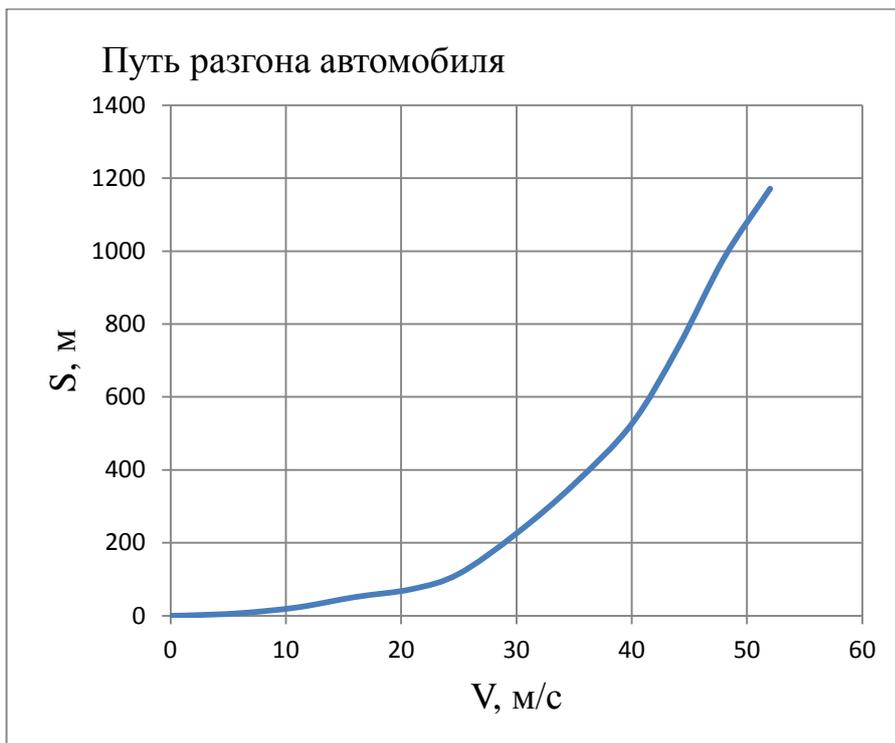


Рисунок 4.8

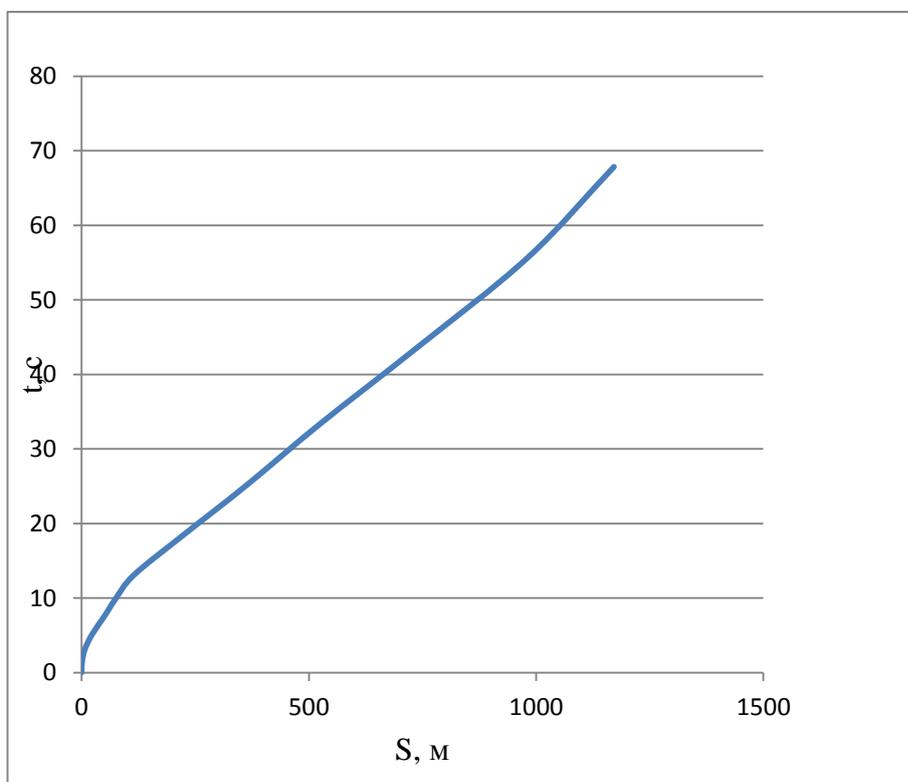


Рисунок 4.9

#### 4.8 Мощностной баланс автомобиля.

$$1 \quad N_T = N_e - N_{тр} = N_f + N_{п} + N_{в} + N_{и}, \text{ где} \quad (28)$$

2  $N_T = N_e * \eta_{тр}$  – тяговая мощность, или мощность, подаваемая к ведущим колесам;

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

4  $N_f = P_{п} * V$  – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления качению колес;

5  $N_{п} = P_{п} * V$  – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления подъему;

6  $N_{в} = P_{в} * V$  – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления воздуха;

7  $N_{и} = P_{и} * V$  – мощность, затраченная на преодоление силы инерции автомобиля;

8  $N_{д} = P_{д} * V = N_f + N_{п}$  – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления дороги.

Результаты расчетов сводим в таблицу 4.16

V max	8,161	12,483	16,8	21,13	25,45	29,77	34,1	38,42	42,74	47,07	51,39
N <sub>e</sub>	18,371	29,381	40,7	51,87	62,46	72,02	80,11	86,28	90,09	91,1	88,86
N <sub>t</sub>	16,91	27,031	37,44	47,72	57,46	66,26	73,7	79,38	82,88	83,81	81,75
N <sub>в</sub>	0,222	0,811	1,98	3,95	6,91	11,06	16,63	23,79	32,75	43,7	56,93
N <sub>д</sub>	1,502	2,391	3,41	4,6	6	7,65	9,6	11,89	14,56	17,6	21,23
N <sub>в</sub> +N <sub>д</sub>	1,723	3,211	5,40	8,56	12,91	18,72	26,23	35,68	47,31	61,4	78,17
(N <sub>в</sub> +N <sub>д</sub>	0,11	0,111	0,14	0,17	0,22	0,28	0,35	0,44	0,57	0,73	0,95

д)/Nt											
-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Таблица 4.16

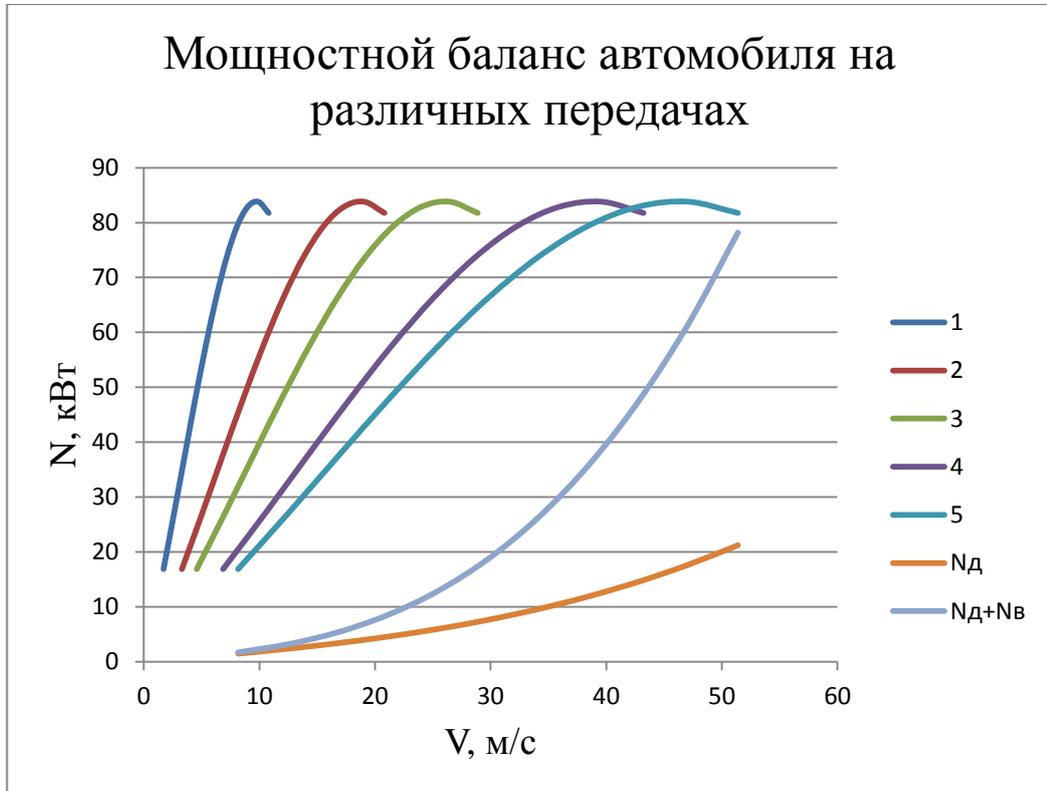


Рисунок 4.10

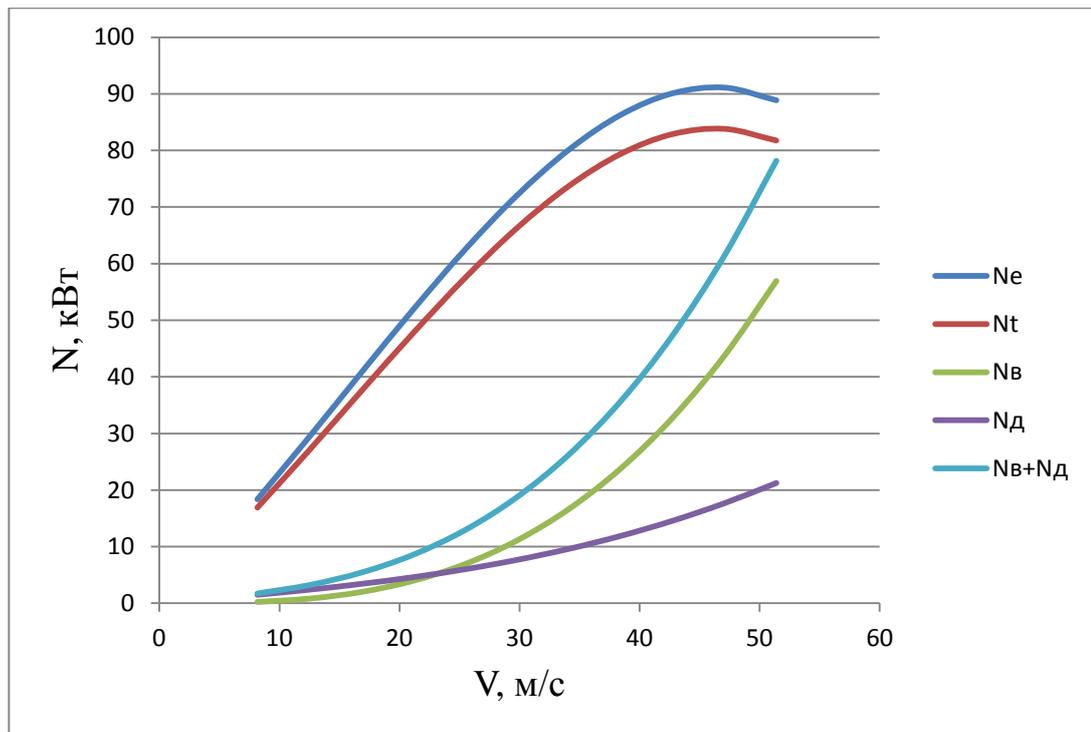


Рисунок 4.1

#### 4.9 ТОПЛИВНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АВТОМОБИЛЯ.

«Для расчета этого раздела, нужно рассчитать предварительно какой расход топлива автомобиля будет при прямолинейном движении на высшей передаче с постоянной скоростью от минимальной до максимальной.

Путевой расход топлива:

$$q_{п} = \frac{k_{ск} \times k_{и} \times (P_{д} + P_{в}) \times g_{e \min} \times 1.1}{36000 \times \rho_{т} \times \eta_{тр}}, \text{ где} \quad (32)$$

$k_{ск}$  – коэффициент, учитывающие соответственно изменения эффективного расхода топлива в зависимости от  $\omega_e$ ;

$k_{и}$  – коэффициент, учитывающие соответственно изменения эффективного расхода топлива в зависимости от  $N$  двигателя;

$g_{e \min} = 340 \text{ г/кВт*ч}$  – удельный эффективный расход топлива;

$\rho_{т} = 0.73 \text{ кг/л}$  – плотность топлива.» [15]

Рассчитанные данные сводим в таблицу 4.17

Таблица 4.17

V	16,8	21,13	25,45	29,77	34,1	38,42	42,74
$k_{И}$	1,35	1,3	1,2	1,12	1	0,98	0,8
И	0,14433	0,179406	0,22478	0,28253	0,35602	0,449535	0,570915
$k_{СК}$	1,1	0,95	0,88	0,8	0,79	0,8	0,9
$\omega_e/\omega_N$	0,362676	0,455986	0,549296	0,64261	0,73592	0,829225	0,922535
$g_n$	7,388707	7,740387	8,290073	8,71565	9,40311	11,26398	12,33042

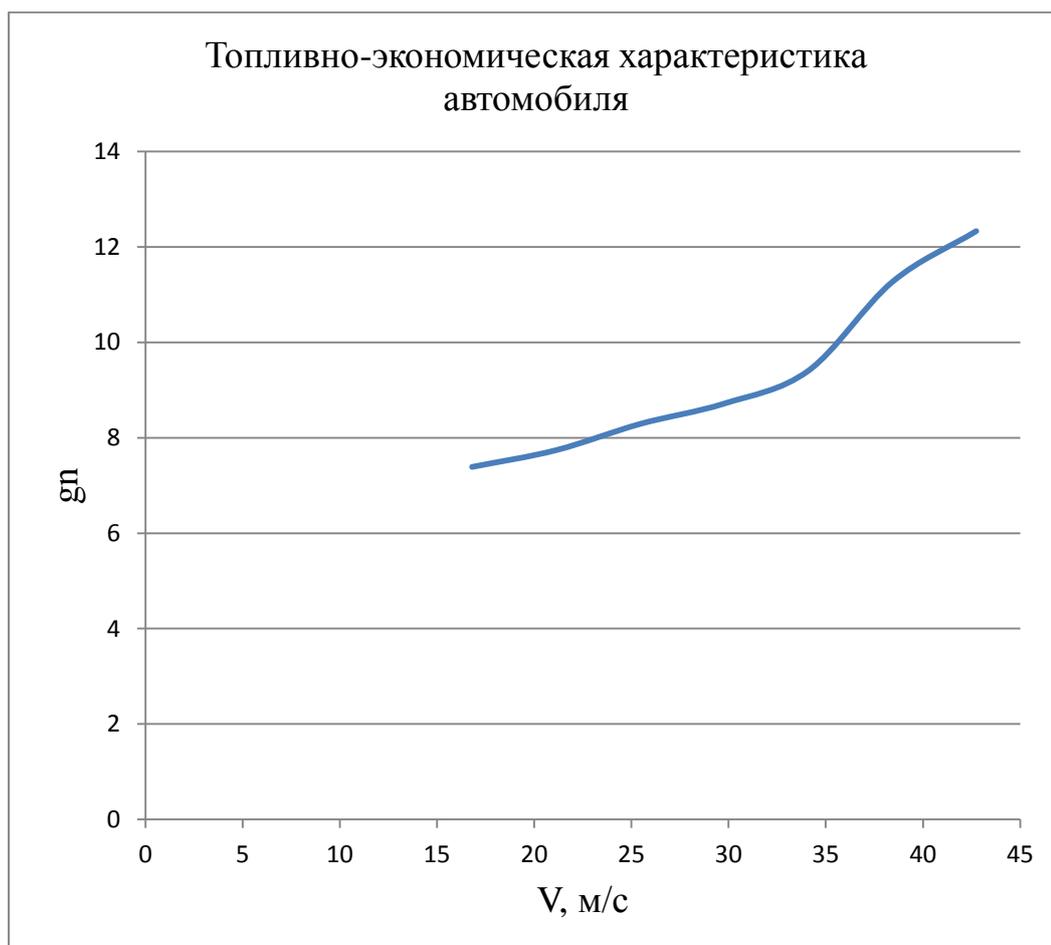


Рисунок 4.12

Выводы: мы получили значения, которые помогли нам рассчитать скорость, время и путь разгона легкового автомобиля. Узнали его

скоростные характеристики, а так же получили графики и схемы его характеристик.

## **5. Безопасность и экологичность технического объекта**

### **5.1 Воздействие ОВФ РС и ТП при работе со стендом.**

#### Индификатор ОВФ РС и ТП

Опасные и вредные факторы, воздействующие на оператора стенда, а также травмоопасность	Источник	Принятые меры
1. Шум	Два работающих вентилятора нагнетающих воздух, 60 дБ	Не требуются
2. Электроопасность	Электрооборудование стенда (Электродвигатели, провода, блок питания)	Изоляция электрооборудования
3. Механические повреждения	Движущиеся лопасти вентилятора	Инструктаж оператора и табличка предупреждающая об опасности

4. Пожаропасность	Электрооборудование	Средства пожаротушения
-------------------	---------------------	------------------------

1. При работе со стендом на оператора воздействует аэродинамический шум который возникает в аппаратах при большой скорости воздуха.

Сильный шум воздействует негативно на организм, это может проявляться в виде поражения органа слуха, нарушений органов и систем организма, снижения производительности труда, повышения уровня травматизма.

Уменьшения внимания. Допустимые характеристики шума для рабочих мест регламентируются ГОСТ 12.1.003—83 «Шум, общие требования безопасности» и Санитарными нормами допустимых уровней шума на рабочих местах (СН 2.2.4/2.1.8.562-96). Дополнительно к требованиям безопасности максимальный уровень звука непостоянного шума на рабочих местах по не должен превышать 110 дБ. Зоны с уровнем звука или эквивалентным уровнем звука выше 80 дБ должны быть обозначены знаками безопасности по ГОСТ 12.4.026\*. Работающих в этих условиях оператор должен быть снабжен средствами индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.051

При измерении шумомером работы стенда получено значение 60 дБ ,что соответствует норме акустического комфорта человека.

2. Электрический ток, проходя через организм оказывает биологическое, термическое, электролитическое действие на него.

Термическое действие проявляется в ожогах, нагреве и повреждении кровеносных сосудов, перегреве сердца, мозга и других органов, что вызывает в них функциональные расстройства. Электролитическое действие проявляется в разложении органической жидкости, в том числе крови, что вызывает значительное нарушение ее состава, а также ткани в целом.

Биологическое действие выражается, главным образом, в нарушении внутренних биоэлектрических процессов, свойственных нормально

действующему организму и теснейшим образом связанных с его жизненными функциями.

Виды поражения: электротравмы, электрический удар, электрический шок. Безопасность электрооборудования регламентируется ГОСТ 12.2.007.0-75В стенде используется электрооборудование, что может являться источником травм. Для защиты оператора от электрических травм, приняты меры по изоляции проводов и изоляции источника питания, путем установки его на диэлектрическую поверхность.

3. Наиболее частый и распространенный вид травм – это механические повреждения, из них преобладают травмы от воздействия тупых твердых предметов. Механические повреждения являются результатом взаимодействия тела человека и различных объектов среды, при движении возле друг друга. Большая скорость работы вентиляторов стенда несет травмоопасность при неправильной его эксплуатации и несоблюдении правил безопасности. ГОСТ 12.4.280-2014 регламентирует системы стандартов безопасности труда. Для предотвращения механических травм при работе со стендом, оператор должен пройти инструктаж по мерам безопасности, а также проинформирован о последствиях их несоблюдения.

4. Короткое замыкание электрооборудования может стать причиной образования пожара, и нести большую опасность. Для устранения пожара должны быть применены огнетушащие средства. Воздействие огнетушащих средств на очаг возгорания может быть разным: одни охлаждают горящее вещество, изолируют его от реакции с воздухом, снимают концентрацию кислорода и горючих веществ. Другими словами, огнетушащие средства воздействуют на факторы, вызывающие процесс горения.

Способы тушения горения.

Изоляция очага горения от воздуха или снижение концентрации кислорода негорючими газами до значения, при котором горение исключено:

1. охлаждение очага горения ниже определенных температур;
2. интенсивное торможение скорости химической реакции в пламени;
3. механический срыв пламени действием струи газа или воды;
4. создание условий огне-преграждения.

В нашем случае по ГОСТ 12.1.004-91 для устранения очага пожара в помещении должен быть установлен углекислотный огнетушитель ОУ-2.

Вывод: в разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» Проведена идентификация рисков, связанных с работой на стенде. Выявлены источники рисков, а также приведены предпринятые меры по их устранению. Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности

## **6. Экономическое обоснование и эффективность**

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

Данный стенд является простейшей аэродинамической трубой, он имеет как минусы, так и плюсы. Из минусов – скорость потока в рабочей части в среднем составляет 12 мс, что не позволяет проводить исследования на реальных моделях. Важным достоинством данного стенда является компактность, а так же не дороговизна элементов, из которых собран стенд. Стенд позволяет, с достаточной точностью, в лабораторных условиях определить лобовое сопротивление модели автомобиля. Минусом является то, что из-за небольшой длины стенда, поток воздуха не совсем успевает стать ламинарным, даже несмотря на наличие пластин для разбивания турбулентного потока, при этом создаются незначительные пульсации. Эти пульсации воздушного потока по всей площади тестовой зоны незначительны максимум 1% от требуемой скорости. Стенд состоит из трёх секций: рабочая часть, сопло, приводная часть.

## 6.2 Исходные данные на проектный расчет

Таблица 6.1 – Параметры и данные необходимые для расчета

Показатели	Условные» обозначен.	Ед. Измер.	Значение показателей	
			Базов.	Проектн.
1 Годовая программа	Пг	шт	300	300
2 Время машинное (оперативное)	Топ	час	1	0,95

Продолжение таблицы 6.1

Показатели	Условные» обозначен.	Ед. Измер.	Значение показателей	
			Базов.	Проектн.
3 Норма обслуж. Раб.места	а	%	8	8
4 Норма на отдых и лич. Надоб.	Б	%	6	6
5 Часовая тарифная ставка:	Сч	Руб/час	1.3р–80	1.3р–80
			1.5р–90	1.5р–90
			1.6р–100	1.6р–100
6 Коэф. Доплат к осн. з/плате	Кд	%	1,88	1,88
7 Страховые взносы в фонды	Кс	%	30	30
8 Цена оборудования	Цоб	руб	50000	расчет
9 Коэф. На доставку и монтаж	Кмон	%	1,25	1,25
10 Годовая норма амор. На площ.	На	%	2,5	2,5
11 Годов.норма аморти. Оборуд.	На	%	10	10
12 Площадь под оборудов.	Руд.	М <sup>2</sup>	3,05	2,97

13 Коэф. Допол. Площади	Кд.пл		4	4
14 Цена эл. Энергии	Цэ	руб/квч	3,4	3,4
15 Цена 1м <sup>2</sup> площади	Цпл	руб/м <sup>2</sup>	4500	4500
16 Стоимость эксплуат. Произ. Площади	Сэксп	руб/м <sup>2</sup>	2000	2000
17 К-во рабочих на техпроцессе	Чр	Чел.	1	1
18 Коэф. Транс .заготов. расходов	Ктз	%	1,03	1,03
19 Коэф. Возврат.отходов	Квоз.	%	2	2
20 Коэф. Общепроиз. Расходов	Копр	%	1,25	1,25

Продолжение таблицы 6.1

Показатели	Условные» обозначен.	Ед. Измер.	Значение показателей	
			Базов.	Проектн.
21 Коэф.общехозяйст .расх.	Кохр	%	1,6	1,6
22 Коэф. Внепроизв. Расходов	Квнепр.	%	0,02	0,02

Годовой фонд (номинальный) оборудования

$$F_H = (D_r \cdot T_{cm} - D_p \cdot T_p) \cdot C \quad (6.1)$$

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

### 6.3 Эффективный фонд времени работы оборудования

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

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

### 6.4 Расчет технологической себестоимости оборудования

#### 6.4.1 Расчет статьи затрат сырье и материалы

$$M = C_M \cdot Q_M \cdot (1 + K_{ТЗ}/100 - K_{Вот}/100) \quad (6.6)$$

где:  $C_M$  - оптовая цена материала, руб.;

$Q_M$  - норма расхода материала;

$K_{ТЗ}$  - коэф.транспортно-заготовительных расходов, %;

$K_{Вот}$  - коэф.возвратных расходов, %.

Таблица 6.2 – Расчет затрат аэродинамическую трубу

Наименование»	Ед. Изм.	К- во	Цена	Сумма
<b>СБОРОЧНЫЕ ЕДИНИЦЫ</b>				
1 Электродвигатель с крыльчаткой в сборе	шт	2	811	1622
2 Импульсный блок питания S-500-12	шт	1	1800	1800
3 Анемометр АКТАКОМ АТТ-1002	шт	1	14278	14278
4 Динамометр электронный WH-A8	шт	1	360	360
итого				18060
<b>ДЕТАЛИ (покупные)</b>				
1 Воздуховод квадратного сечения (большой)	шт	1	2000	2000
2 Переход воздуховода	шт	1	1000	1200
3 Воздуховод квадратного сечения (малый)	шт	1	400	400
4 Обечайка стальная длинная	шт	1	500	500
5 Обечайка малая	шт	1	250	450
6 Пластина	шт	1	100	100

7.Ролик в сборе	шт	1	20	20
8.Пруток короткий 17мм(диаметр 3мм)	шт	8	10	80
9 Длинный кронштейн	шт	6	50	380
10 Кронштейн для ролика	шт	1	10	10
11 Направляющие потока	шт	3	30	90
12 Модель машины	шт	1	50	50
13 Электрод Inforce 11-05-03	шт	3	10	30
14 Резиновый уплотнитель 1м	шт	1	36	36

Продолжение таблицы 6.2

Наименование»	Ед. Изм.	К- во	Цена	Сумма
ИТОГО				5346
<b>СТАНДАРТНЫЕ ИЗДЕЛИЯ</b>				
1 Гайка ГОСТ Р ИСО 7042	шт	8	5	40
2 Шайба ГОСТ 11371-78	шт	8	1	8
3 Болт ГОСТ Р 55739-2013	шт	8	21	168
ИТОГО	шт	3	5	216
<b>МАТЕРИАЛЫ</b>				
1 Эпоксидный клей Done Deal DD6573	кг	0,028	480	480
ИТОГО	кг	0,028	480	480
1 Транспортно-заготовительные расходы				
всего	%	3	24102·3 %	723
				24825

Расчет статьи затрат «Заработная плата основная»

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

где  $Cч$  - Ставка тарифная, руб./час;

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

$Z_t$  – тарифная ставка, руб.;

$K_d$  – коэф.доплат к основной зарплате.

Расчет трудоемкости ( нормы штучного ) времени:

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

где  $T_{маш}$  – машинное время, рассчитанное по техпроцессу.

Расчет трудоемкости времени на установку оборудования, (час)

Таблица 6.3 –Расчет трудоемкости

Вид операции	$T_{маш}$	$T_{всп}$	$T_{обсл}$	$T_{отл}$	$T_{пз}$	$T_{шт}$
1 Заготовительная	2	0,2	0,2	0,1	0,02	2,52
2 Сварочная	4	0,4	0,4	0,2	0,04	5,04
3 Сверлильная	1,5	0,15	0,15	0,075	0,015	1,89
4 Слесарная	4	0,4	0,4	0,2	0,04	5,04
5 Сборочная	5	0,5	0,5	0,25	0,05	6,3
6 Отладочная	5	0,5	0,5	0,25	0,05	6,3
Итого						20,79

Таблица 6.4–Расчет основной заработной платы

Виды операций	Разряд работы	Труд-ть, ч.-час	Часовая тарифная ставка	Зарплата по тарифу
1 Заготовительная	3	2,52	80	201,6
2 Сварочная	4	5,04	90	453,6

3 Сверлильные	3	1,89	80	151,2
4 Сборочные	5	6,3	100	630
5 Отладочные	5	6,3	100	630
итого		20,79		2066,4
Коэффиц. Доплат к основной з/плате				1,88
Основная з/плата				3884,8

#### 6.4.2 Затраты на основную и дополнительную заработную плату

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

где  $K_{доп}$  – коэффициент соотношения между основной и з/платой, %.

$$З_{доп} = 3884,8 \cdot 12/100 = 466,1 \quad (6.10)$$

#### 6.3 Отчисления на социальные нужды

$$О_{сс} = ФОТ \cdot (К_{сс}/100) = (З_{осн} + З_{доп}) \cdot К_{сс}/100 \quad (6.11)$$

где  $K_{сс}$  - коэффициент отчислений на социальные нужды, %;

ФОТ-фонд оплаты труда по основной и дополнительной зарплате;

$$О_{сс} = (3884,8 + 466,1) \cdot 30/100 = 1305,27 \quad (6.13)$$

#### 6.4.4 Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования

а) затраты на амортизацию оборудования

$$А_{об} = Ц_{об} \cdot (Н_{а}/100) \cdot Т_{маш}/F_{э}, \quad (6.13)$$

где  $C_{об}$  - стоимость оборудования, применяемого при изготовлении (модернизации) оборудования (руб.);

$N_{а}$  – норма амортизации данного оборудования, %;

$T_{маш}$ –время –время работы машин и оборудования, час;

$F_{э}$  –эффективный фонд времени работы оборудования, час.

Таблица 6.5–Расчет затрат на амортизацию оборудования

Вид	Цена	Норма	Время машинное	Эффективный	Сумма
-----	------	-------	----------------	-------------	-------

оборудования	оборуд.	амортизации ( % )	(ч)	фонд времени	аморт. Отчисл.
1 Аппарат для РДС	20000	20	4	2023	7,90
4 Сверл.станок	50000	12	1,5	2023	4,45
5 Слесарный инструмент	30000	10	4	2023	5,93
итого	100000				18,28

б)Рээ– затраты на электроэнергию

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

где Му – установленная мощность оборудования, кВт;

«КПД - коэффициент полезного действия установки (по паспортным данным);Цээ - стоимость 1 кВт-час электроэнергии, руб»./кВт-час.

Таблица 6.6–Расчет затрат на электроэнергию

Вид оборудования	Установ. Мощность оборудования	Время машинное(ч)	Цена эл.энергии	КПД	Затраты на эл. Энергию, руб.
1 Аппарат для РДС	4,5	4	4,82	0,8	108,45
2 Сверл.станок	4	1,5	4,82	0,7	41,31
3 Слесарный инструмент	2	4	4,82	0,7	55,08

Итого затраты на эл. Энергию 204,39 руб.

Итого затраты на работу оборудования:

$$Зоб = Аоб + Рээ \quad (6.15)$$

где  $Аоб$  – затраты на амортизацию оборудования, руб.;

$Рээ$  – расходы на электроэнергию, руб.

$$Зоб = 18,28 + 204,39 = 222,67 \text{ руб.} \quad (6.16)$$

#### 6.4.5 Затраты на амортизацию, содержание и эксплуатацию производственных площадей

а) затраты на амортизацию производственных площадей

$$Апл = (Цпл \cdot На. пл. \cdot S \cdot T \text{ шт}) / Fэф \cdot 100 \quad (6.17)$$

Где :  $Цпл$  – стоимость приобретения площадей, руб/м<sup>2</sup>;

$На.пл.$  – амортизационные отчисления на эксплуатацию площадей, %;

$Fэф$  – эффективный фонд времени работы оборудования, час;

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

$$Собр. \cdot Кд. пл = 2,97 \cdot 4 = 11,88 \text{ руб/м}^2 \quad (6.18)$$

$$Апл = (4500 \cdot 2,5 \cdot 11,88 \cdot 1,62) / 2023 \cdot 100 = 1,07 \text{ руб.}$$

б) расходы на содержание и эксплуатацию площадей.

$$Рпл = Сэксп \cdot S \cdot Tшт / Fэ \quad (6.19)$$

$$\text{где } Рпл = 2100 \cdot 11,88 \cdot 1,62 / 2023 = 19,97 \text{ руб.} \quad (6.20)$$

Итого затраты на содержание производственных площадей, руб.

$$1,07 + 19,97 = 21,04 \text{ руб.} \quad (6.21)$$

#### 6.4.6 Технологическая стоимость изготовления стенда

$$Стех = М + Пи + Зосн + Здоп + Осс + Зоб + Зпл \quad (6.22)$$

$$\text{Стех} = 24825 + 3884,8 + 466,1 + 1305,27 + 222,67 + 20,92 = 30724.88 \text{ руб.}$$

#### 6.4.7 Общепроизводственные расходы

$$\text{Ропр} = \text{Зосн} \cdot \text{Копр.} \quad (6.23)$$

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

$$\text{Ропр.} = 3884,8 \cdot 1,25 = 4856 \text{ руб.} \quad (6.24)$$

#### 6.8 Общехозяйственные расходы

$$\text{Рохр} = \text{Зосн.} \cdot \text{Кохр, где Кохр} = 1,6 \quad (6.25)$$

$$\text{Рохр} = 3884,8 \cdot 1,6 = 6215,68 \text{ руб.}$$

#### 6.9 Внепроизводственные расходы (2 % от произв. Себестоимости.)

$$\text{Рвн.} = 41796,44 \cdot 2/100 = 835,93 \text{ руб.} \quad (6.26)$$

Полная себестоимость=Спр.+Рвн.

$$\text{Спол} = 41796,44 + 835,92 = 42632,49 \text{ руб.}$$

Таблица 6.7 –Структура себестоимости

Статьи затрат	Обозначение	Сумма, руб.	Уд. Вес, %
1 Сырье и материалы	М	24825	58,23
2 Покупные изделия и полуфабрикаты	Пи	0	0
3 Основная зарплата	Зосн	3884,8	9,11
4 Дополнительная з/плата	Здоп.	466,1	1,09
5 Отчисления на соц. Нужды	Осс	1305,27	3,06
6 Затраты на использ. Оборуд.	Зоб.	222,67	0.52
7 Затраты на использ. Площади	Зпл	21,04	0,05
Технологическая себестоимость	Стех.	30724.88	72,07
8 Общепроизводственные расходы	Ропр	4856	11,39

$Р_{опр} = Z_{осн} \cdot K_{опр} = 3884,8 \cdot 1,25$			
9 Общехозяйственные расходы $Р_{охр} = Z_{осн} \cdot K_{охр} = 3884,8 \cdot 1,6$	Рохр	6215,68	14,58
10 Производственная себестоимость	Спр	41796,56	98,04
11 Внепроизводственные расходы $Р_{вн} = C_{спр} \cdot 2/100 = 41796,44 \cdot 2/100$	Рвн	835,93	1,96
12 Полная себестоимость $С_{полн} = C_{спр} + Р_{вн} = 41796,44 + 835,92$	Сп	42632,49	100

### 6.5 Расчет необходимого количества оборудования и коэффициента его загрузки

6.5.1 Расчет штучного времени оказания услуги

6.5.2

$$T_{шт} = T_{маш} \cdot (1 + (a + б))/100 \quad (6.27)$$

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

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

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

$$T_{шт. баз.} = 0,55 \cdot (1 + (8 + 6)/100) = 0,55 + 1,14 = 1,69 \text{ час} \quad (6.28)$$

$$T_{шт. расч.} = 0,48 \cdot (1 + (8 + 6) / 100) = 0,48 + 1,14 = 1,62 \text{ час} \quad (6.29)$$

6.5.3 Производственная программа оказания услуги

$$Пг = F_{эф} / T_{шт} = 2023 / 1,62 = 1248 \text{ ед. В год} \quad (6.30)$$

$$Пг. пред. = 2023 / 1,69 = 1197 \text{ ед. В год} \quad (6.31)$$

6.5.4 Расчетное количество основного технологического оборудования

$$\text{Ноб. расч.} = \text{Тшт} \cdot \text{Пг} / F_{\text{Эф}} \cdot \text{Квн} \quad (6.32)$$

где Квн – коэффициент выполнения нормы, принимаем как 1(ед.)

$$\text{Ноб. расч.} = 1,62 \cdot 1248 / 2023 \cdot 1 = 1 \quad (6.33)$$

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

#### 4.5.5 Коэффициент загрузки оборудования

$$\text{Кз} = \text{Пг. пред.} / \text{Пг. расч.} \quad \text{Кз} = 1100 / 1248 = 0,88 \quad (6.34)$$

Пг.пред.=1100 ед. «Т.е. принятая предприятием программа ниже чем возможная, возможно что нет заказов. В тоже время у предприятия имеется возможность принимать дополнительные заказы, т.е. увеличить объем услуг на имеющемся оборудовании» [16]

$$\text{Кз} = 1100 / 1197 = 0,92 \quad (6.35)$$

Таблица 6.8–Количество оборудования и коэффициент его загрузки

Наименование показателей	Условные обозначения	Базовый вариант	Проектный вариант
1 Норма штучного времени	Тшт	1,69	1,62
2 Производственная программа	Пг	900	900
3 Расчет количества оборудования	Ноб.расч	1	1

4 Принятое количество оборудования	Ноб.пр	1	1
5 Коэфф. Загрузки оборудования	«Кз	0,92	0,88

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

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

$$К_{общ. б} = К_{об. б} = Н_{об. прин} \cdot Ц_{об. б} \cdot К_{з. б}. \quad (6.36)$$

где  $К_{з. б.}$  – коэффициент «загрузки оборудования по базовому варианту,

$Ц_{об. б}$  – остаточная стоимость оборудования с учетом срока службы, руб.;

$Н_{об. прин.}$  – принятое количество оборудования, необходимого для выполнения производственной программы по базовому варианту.

$$Ц_{об. б} = Сперв - (Сперв \cdot Тсл \cdot На / 100) \quad (6.36)$$

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

$Тсл$  – срок службы оборудования на момент выполнения расчета, лет;

$На$  – норма амортизации на реновацию оборудования, %;

$$Ц_{об. б} = 100000 - \left( 100000 \cdot 5 \cdot \frac{10}{100} \right) = 50000 \text{ руб.}$$

$$К_{об. б} = 1 \cdot 50000 \cdot 0,92 = 46000 \text{ руб.}$$

А) Капитальные вложения в оборудование»

$$«К_{об. б} = Н_{об. прин.} \cdot Сперв \cdot К_{т. з.} \cdot К_{з. б}. \quad (6.37)$$

где Сперв. – стоимость приобретения нового оборудования, (руб.);  
Кт.з. – коэф., учитывающий транспортно-заготовительные расходы на доставку оборудования (принимаем 3 %);

Кз.б. – коэф. Загрузки оборудования по базовому варианту.

$$\text{Коб. б.} = 1 \cdot 10000 \cdot 1,03 \cdot 0,92 = 94760 \text{ руб.} \quad (6.38)$$

б) Капитальные вложения в дополнительные площади

$$\text{Кпл. б.} = \text{Цпл.} \cdot (\text{Spr} - \text{Sб}) \cdot \text{Кз. б.} \quad (6.39)$$

где Spr-Sб. – дополнительная площадь по базовому варианту, м<sup>2</sup>;  
Цпл – стоимость приобретения площади ,руб/м<sup>2</sup>;  
Кз.з. – коэф.загрузки по базовому варианту.

$$\text{Кобщ. б.} = 3,05 \cdot 4 \cdot 4500 \cdot 0,92 = 50508 \text{ руб.} \quad (6.40)$$

$$\text{Коб. б} = 1 \cdot 100000 + 94760 + 4738 = 199498 \text{ руб.} \quad (6.41)$$

в) Сопутствующие капитальные затраты

$$\text{Зсоп} = \text{Здем} + \text{Змонт.} \quad (6.42)$$

где Здем – затраты на демонтаж базового оборудования, руб. ;  
Змонт – затраты на монтаж нового оборудования, руб.

$$\text{Змонт} = \text{Ноб. прин} \cdot \text{Кобщ. б.} \cdot \text{Кмонт.}/100. \quad (6.43)$$

$$\text{Змонт} = 1 \cdot 94760 \cdot 5/100 = 4738 \text{ руб.} \quad (6.44)$$

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

#### 6.6.2 Общие капитальные вложения по проектному варианту

$$\text{Кобщ. пр} = \text{Коб. пр} + \text{Кпл. пр} + \text{Зсоп. пр.} \quad (6.45)$$

$$\text{Кобщ. пр} = 25332 + (1 \cdot 2,97 \cdot 4 \cdot 4500 \cdot 0,88) + 5250 = 77\,626,8 \quad (6.46)$$

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

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

Зсоп.пр. – сопутствующие капитальные затраты, руб.

А) капитальные вложения в оборудование

$$\text{Коб. пр.} = \text{Ноб. прин} \cdot \text{Сперв} \cdot \text{Кт} - \text{з} \cdot \text{Кз. пр.} \quad (6.47)$$

где Сперв-стоимость приобретения нового оборудования;

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

Кз.пр. – коэф. Загрузки оборудования по проектному варианту.»

$$\text{Коб. пр} = 1 \cdot 25332 \cdot 1,03 \cdot 0,88 = 22960,9 \text{ «руб.} \quad (6.48)$$

б) капитальные вложения в дополнительные площади

$$\text{Кпл. пр.} = \text{Цпл} \cdot (\text{Spr} - \text{Sб}) \cdot \text{Кз. пр.} \quad (6.49)$$

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

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

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

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

$$K_{пл. пр} = 1 \cdot 2,97 \cdot 4 \cdot 4500 \cdot 0,88 = 47\,044,8 \text{ руб.} \quad (6.50)$$

$$K_{об. пр.} = 1 \cdot 22960,9 \cdot 1,03 + 47\,044,8 + 1864,8 = 72559,327 \text{ руб} \quad (4.41)$$

в) Сопутствующие капитальные затраты

$$Z_{соп.} = Z_{дем} + Z_{монт} \quad (6.52)$$

где  $Z_{дем}$  – затраты на демонтаж базового оборудования, руб.;

$Z_{монт}$  – затраты на монтаж нового оборудования, руб.

$$Z_{монт} = N_{об. прин} \cdot K_{общ. пр.} \cdot K_{монт}/100 \quad (6.53)$$

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

$$Z_{монт} = 453,6 + 151,2 + 630 + 630 = 1864,8 \text{ руб.} \quad (6.54)$$

6.6.3 Дополнительные капитальные вложения

$$K_{доп} = K_{общ. пр.} - K_{общ. б.} \quad (6.55)$$

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

6.6.4 Удельные капитальные вложения

$$\text{Куд} = \text{Кобщ.} / \text{Пг} \quad (6.56)$$

$$\text{Куд. б.} = 94760 / 1100 = 86,154 \text{ руб.} \quad (6.57)$$

$$\text{Куд. п.} = 77\,626,8 / 1100 = 70,56 \text{ руб.} \quad (6.58)$$

где Пг – производственная (годовая) программа оказания услуг, шт/год.

Таблица 6.9–Расчет капитальных вложений по вариантам

Наименование	Базовый вариант	Проектный вариант
1 Общие капвложения в оборудование» с учетом ТЗР(3%)	100000	36728,72
2 «Сопутствующие капвложения по проектному варианту	4738	1864,8
3 Затраты на производственную площадь, занятую оборудованием	50508	47 044,8
4 Общие капвложения»	199498	77 626,8
5 Удельные капвложения	86,154	70,56

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

Расчет проведем для наглядности в форме таблицы 10.

Таблица 6.10 – Расчет технологической себестоимости

Наименование показателя	Формулы и расчеты	Значения по вариантам	
		Базов.	Проект.
1 Затраты на материалы	По базовому и проектному варианту применяются одинаковые расходные материалы	24825	24825
2 Основная зарплата рабочих	$Z_{осн} = S_{ч} \cdot t_{шт} \cdot K_d$ $Z_{осн.б} = 200 \cdot 1,69 \cdot 1,88$ , где 200 это ставка 5 разряда. $Z_{осн.пр.} = 200 \cdot 1,62 \cdot 1,88$	635,44	609,12

Продолжение таблицы 6.10

3 Дополнительная зарплата	$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot (K_{доп}/100)$ $Z_{доп.б} = 635,44 \cdot (12/100)$ $Z_{доп.пр.} = 609,12 \cdot (12/100)$	76,25	73,09
4 Отчисления на соц. Нужды	$O_{сс} = ФОТ \cdot K_{с} = (Z_{осн} + Z_{доп}) \cdot K_{сс}$ $O_{ссб} = (635,44 + 76,25) \cdot 0,3$ $O_{сспр} = (76,25 + 73,09) \cdot 0,33$	213,5	204
5 Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования и производ. Площадей			
5.1 Амортизация оборудования	$A_{об} = (Ц_{об} \cdot N_{а} \cdot T_{маш}) / F_{э} \cdot 100$ $A_{об.б} = (100000 \cdot 10 \cdot 1,69) / 2023 \cdot 100$ $A_{об.пр} = (36728,72 \cdot 10 \cdot 1,62) / 2023 \cdot 100$	8,35	2,94
5.2 Расход на эл. Энергию	$R_{ээ} = M_{у} \cdot T_{маш} \cdot Ц_{ээ} / КПД$	0	0
5.3 Амортизация площади	$A_{пл} = (Ц_{пл} \cdot N_{а.пл} \cdot S \cdot T_{шт}) / F_{э} \cdot 100$ $A_{пл.б} = (4500 \cdot 3,05 \cdot 4 \cdot 2,5 \cdot 1,69) / 2023 \cdot 100$ $A_{пл.пр} = (4500 \cdot 2,97 \cdot 4 \cdot 2,5 \cdot 1,62) / 2023 \cdot 100$	1,02	0,95
5.4 Расходы на	$R_{пл} = C_{эсп} \cdot S \cdot T_{шт} / F_{э}$	20,39	19,04

содержание и эксплуатацию площади	$R_{пл.б} = 2100 \cdot 12,2 \cdot 1,69 / 2023$ $R_{пл.пр} = 2100 \cdot 11,88 \cdot 1,62 / 2023$		
5.5 Затраты на текущий ремонт оборудования	$R_{роб.} = N_{об} \cdot C_{об} \cdot K_3 \cdot T_{шт} \cdot K_p / \Phi \cdot 60 \cdot K_v$ $R_{р.об.б} = 1 \cdot 100000 \cdot 0,92 \cdot 1,69 \cdot 0,3 / 2023 \cdot 1$ $R_{р.об.пр} = 1 \cdot 36728,72 \cdot 0,88 \cdot 1,62 \cdot 0,3 / 2023 \cdot 1$	23,05	7,62
Технологическая себестоимость		976,98	762

### **6.8. «Калькуляция и структура полной себестоимости**

**эксплуатации базовой и проектируемой конструкции и цена оказания услуги**

Таблица 6.11 – Себестоимость эксплуатации базовой и проектируемой конструкции

Статьи затрат	Калькуляция, руб.»	
	базовый	проектный
1 Материалы	24825	24825
2 Основная зарплата рабочих	635,44	609,12
3 Дополнительная зарплата рабочих	76,25	73,09
4 Отчисления на соц.нужды	213,5	204
5 Расходы на содержание оборудования и производственных площадей	44,46	29,6
6 Технологическая себестоимость	969,65	915,81
7 Общехозяйственные расходы Ропр=Зосн·Копр(1,25)= 635,44·1,25	794,3	761,4
8 Общехозяйственные заводские накладные расходы Рохр=Зосн·Кохр(1,6)	1 016,70	974
9 Производственная себестоимость Спр=Стех+Ропр+Рохр	2 780,65	2 651,21
10 Внепроизводственные расходы Рвн=Спр·Квнепр(2%)	55,613	53,02
11 Полная себестоимость: Сполн=Спр+Рвн	2 836,263	2 704,23
12 Прибыль предприятия ПР=Сполн·Кпр(15%)	425,43	405,64
13 Цена услуги Сполн+ПР	3 261,69	3 109,87

## 6.9 Расчет показателей экономической эффективности новой техники

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

$$(1,69 - 1,62) / 1,69 \cdot 100 = 4,14 \% \quad (6.59)$$

### 6.9.2 Показатель снижения технологической себестоимости

$$\text{Стех} = (\text{Стех. в.} - \text{Стех. пр.}) / \text{Стех. в.} \cdot 100\% \quad (6.60)$$

$$(969,65 - 915,81) / 969,65 \cdot 100\% = 5,55$$

### 6.9.3 «Условно-годовая экономия

$$\text{Эуг} = (\text{Цбаз.} - \text{Цпр}) \cdot \text{Пг} \quad (6.61)$$

$$\text{Эуг} = (3\,261,69 - 3\,109,87) \cdot 1100 = 167\,002 \text{ руб.} \quad (6.62)$$

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

### 6.9.4 Годовой экономический эффект

Экономия от снижения затрат на покупку оборудования:

$$\text{Эг} = (\text{Зпрб} - \text{Зпр. п}) = 199\,498 - 77\,626,8 = 121\,871,2 \text{ руб.}$$

Ожидаемая прибыль от услуг»:

$$405,64 \cdot 1100 = 446\,215 \text{ руб.}$$

$$\text{Ток} = \text{Кобщ} / \text{Пр. чист} = 77\,626,8 / 446\,215 = 0,17 \text{ года} \quad (6.63)$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$\text{Еср} = 1 / \text{Ток.} = 1 / 0,17 = 5,88 \quad (6.64)$$

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

$\text{Ен} = 0,33$

$E_{cp}=5,88$ ;

т.е. выше, чем допуск — мероприятие эффективно. Окупаемость изготовления стенда по нормативу составляет 3 года, а рассчитанная себестоимость изготовления стенда показала, что оно окупиться менее чем за 1 год.

Выводы: После проведения всех расчетов в экономической части, выясняется что на на 4% выше себестоимость работ на проектируемом стенде, чем на существующем.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В дипломном проекте было проведено исследование по аэродинамическому сопротивлению, в котором выяснилось, что стенд может служить для проведения лабораторных работ и наглядно показывать нахождение аэродинамического сопротивления воздуха. И давать полное представление студентам о характеристиках аэродинамики автомобиля.

В разделе «Состояние вопроса» был проведен обзор работ по исследованию аэродинамики автомобиля и рассмотрены испытания проводимые при этих работах.

В разделе «Тягово-динамический расчет» мы получили значения, которые помогли нам рассчитать скорость, время и путь разгона легкового автомобиля. Узнали его скоростные характеристики, а так же получили графики и схемы его характеристик.

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» Проведена идентификация рисков, связанных с работой на стенде. Выявлены источники рисков, а также приведены предпринятые меры по их устранению. Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности.

В разделе «Экономическая эффективность» выяснилось, что, окупаемость изготовления стенда по нормативу составляет 3 года, а рассчитанная себестоимость изготовления стенда показала, что оно окупиться менее чем за 1 год.

Данная аэродинамическая установка, будет применяться в целях обучения студентов на кафедре «Проектирование и эксплуатация автомобилей» института машиностроения Тольяттинского Государственного Университета.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Аэродинамика автомобиля. Сборник статей — М.: Машиностроение 1984 — 375 с.
2. Аэродинамические трубы. [Электронный ресурс]  
URL: <https://studfile.net/preview/2152192/page:4/>

3. Балабин, И.В. Испытание автомобилей / И.В. Балабин, Б.А. Куров – М.: Машиностроение, 1988. – 192 с.
4. Бернацкий В.В., Острецов А.В. Исследования аэродинамики автомобиля / Бернацкий В.В., Острецов А.В.– [Инфра-М](#): 2017. – 257 с.
5. Гухо В.Г, Юниковой Н. А, Загородникова. С. П — М.: Машиностроение, 1987. — 424 с.
6. Гришкевич А.И. Автомобили. Теория. – м.: Высш. шк., 1986. – 208с
7. Гришкевич, А.И. Испытание автомобилей / А.И. Гришкевич – М.: Машиностроение, 1991. – 161 с.
8. Евграфов А. Н Аэродинамика автомобиля – МГИУ ,2010. – 6 с.
9. Кравец, В.Н. Теория автомобиля / В.Н. Кравец – М.: Машиностроение, 2007. – 273 с.
10. Краснов Н.Ф. Прикладная аэродинамика. – м.: Высш. шк., 1974. – С. 732.
11. Михайловский Е.В. Аэродинамика автомобиля — М.: Машиностроение, 1973. — 224 с.
12. Тарасик В.П. Теория движения автомобиля: Учебник для вузов. – СПб.: БХВ – Петербург, 2006. – 478с.
13. Финченко, Н.И. Испытание автомобилей и тракторов / Н.И. Финченко – М.: Машиностроение, 2017. – 173 с.
14. Цимбалин, В.Б. Испытание автомобилей / В.Б. Цимбалин – М.: Машиностроение, 1978. – 199 с.
15. Черепанов, Л.А. Тяговый расчет автомобиля, / Л.А. Черепанов - Тольятти, 2001
16. Automotive Wind Tunnels. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autoevolution.com/news/automotive-wind-tu..>

17. Björn Lindgren, Arne V. Johansson Design and Evaluation of a Low-Speed Wind-Tunnel with Expanding Corners - Technical Reports from Royal Institute of Technology Department of Mechanics SE-100 44 Stockholm, Sweden, 2002 – 47.
18. Jewel B. Barlow, William H. Rae, Alan Pope Low-Speed Wind Tunnel Testing. – Wiley: 1999. – 713.
19. Jordan Michael Towels High Speed Subsonic Wind Tunnel Design - San Jose State University, 2014 – 62.
20. Joseph Katz, Race Car Aerodynamics: Designing for Speed (Engineering and Performance)/ Joseph Katz - USA, 1995 - 279 p.