

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. Конструкция стенда.

Студент

А.А. Михеев

(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. техн. наук, доцент С.А. Гудкова

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

Тольятти 2020

АННОТАЦИЯ

Целью представленного дипломного проекта является разработка лабораторного стенда для определения коэффициента аэродинамического сопротивления автомобиля, а также создание конструкции аэродинамического стенда.

Коэффициент аэродинамического сопротивления автомобиля влияет на такие параметры автомобиля, как максимальная скорость, управляемость и расход топлива, поэтому данная работа актуальна.

В дипломном проекте, были рассмотрены различные конструкций аэродинамических труб и стендов для аэродинамических испытаний автомобиля, на основе рассмотренных конструкций спроектирован и разработан стенд, который позволяет определить коэффициент сопротивления уменьшенной в масштабе модели автомобиля.

Была рассмотрена экономическая эффективность проекта и проведена работа по вопросам безопасности жизнедеятельности.

В дипломном проекте содержится 8 листов формата А1, 23 таблиц, 83 страницы пояснительной записки, которые включают в себя 6 разделов, введение, заключение и список литературы

ABSTRACT

The purpose of the presented diploma project is to develop a laboratory stand for determining the coefficient of aerodynamic drag of a car, as well as to create a design of an aerodynamic stand.

The coefficient of aerodynamic drag of the car affects such parameters of the car as maximum speed, handling and fuel consumption, so this work is relevant.

In the diploma project, various designs of wind tunnels and stands for aerodynamic testing of the car were considered. on the basis of these designs, a stand was designed and developed that allows you to determine the drag coefficient of a scaled-down car model.

The economic efficiency of the project was reviewed and work was carried out on issues of life safety.

The diploma project contains 8 sheets of A1 format, 23 tables, 83 pages of explanatory notes, which include 6 sections, introduction, conclusion and references

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 Понятие об аэродинамике автомобиля	7
1.2 Аэродинамическое сопротивление спортивных и гоночных автомобилей.....	11
1.3 Аэродинамическая прижимающая (отрицательная подъемная) сила .	14
2 Обзор аэродинамических труб.....	17
2.1 Зарубежные аэродинамические трубы для испытаний автомобилей и моделей в масштабе 1:1	19
2.3 Отечественные аэродинамические трубы для полномасштабных моделей.....	23
2.4 Аэродинамические трубы для проведения исследований на моделях в уменьшенном масштабе.	25
3 Конструкция стенда	27
4 Экономическая эффективность проекта.....	37
4.1 Краткая характеристика сравниваемых вариантов	37
4.2 Исходные данные на проектный расчет	37
4.3 Расчет технологической себестоимости оборудования.....	39
4.4 Расчет необходимого количества оборудования и.....	48
4.5 Расчет прямых и сопутствующих капитальных вложений по	50
4.6 Калькуляция и структура полной себестоимости эксплуатации базовой и проектируемой конструкции и цена оказания услуги	56
4.7 Расчет показателей экономической эффективности новой.....	57
5 Безопасность и экологичность технического объекта	59
6 Тяговый расчет	63
6.1 Данные для расчёт	63
6.2 Расчёт мощности и момента двигателя	63
6.3 Расчёт передаточных чисел трансмиссии	67
6.4 Исследование тяговой динамики	69
6.5 Исследование динамики разгона.....	73

6.6 Мощностной баланс автомобиля.....	77
6.7 Топливоно–экономическая характеристика автомобиля	80
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	82
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	83

ВВЕДЕНИЕ

Аэродинамика автомобиля – это раздел аэродинамики, изучающий воздействие воздушных потоков на автомобиль.

При движении транспорта кузов испытывает воздействие (сопротивление) воздушных потоков, и чем больше скорость автотранспорта, тем сильнее воздушные потоки будут влиять на расход и курсовую устойчивость автомашины. Основными показателями, характеризующими аэродинамические свойства автомобиля, являются: коэффициент аэродинамического сопротивления и подъёмная сила по осям.

Аэродинамическим свойствам автомобиля в последнее время уделяется большое внимание. Если раньше автомобили были небыстрыми, и воздушные потоки несильно влияли на характеристики автомобиля, то со временем автомобили становились быстрее, что потребовало изменения формы кузова в более обтекаемую форму. В наше время испытания модели в аэродинамических трубах стали неотъемлемой частью работы, которая ведётся на стадии разработки автомобиля.

Аэродинамические свойства автомобиля испытывают на автомобильных аэродинамических трубах. В таких трубах, разрабатываемый или готовый автомобиль, обдувается с разных углов. Также существуют лабораторные аэродинамические стенды, в которых проводятся испытания уменьшенных моделей автомобиля.

Теоретической основой дипломного проекта являются труды российских и зарубежных авторов: Михайловский Е.В., Краснов Н.Ф., Гухо В.Г, Черепанов Л.А, Jewel V. Barlow, William H. Rae, Alan Pope и другие.

В данном дипломном проекте разработан лабораторный стенд для проведения лабораторных работ по определению коэффициента аэродинамического сопротивления.

1 Понятие об аэродинамике автомобиля

«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]

Основные аэродинамические силы, действующие на автомобиль при движении.

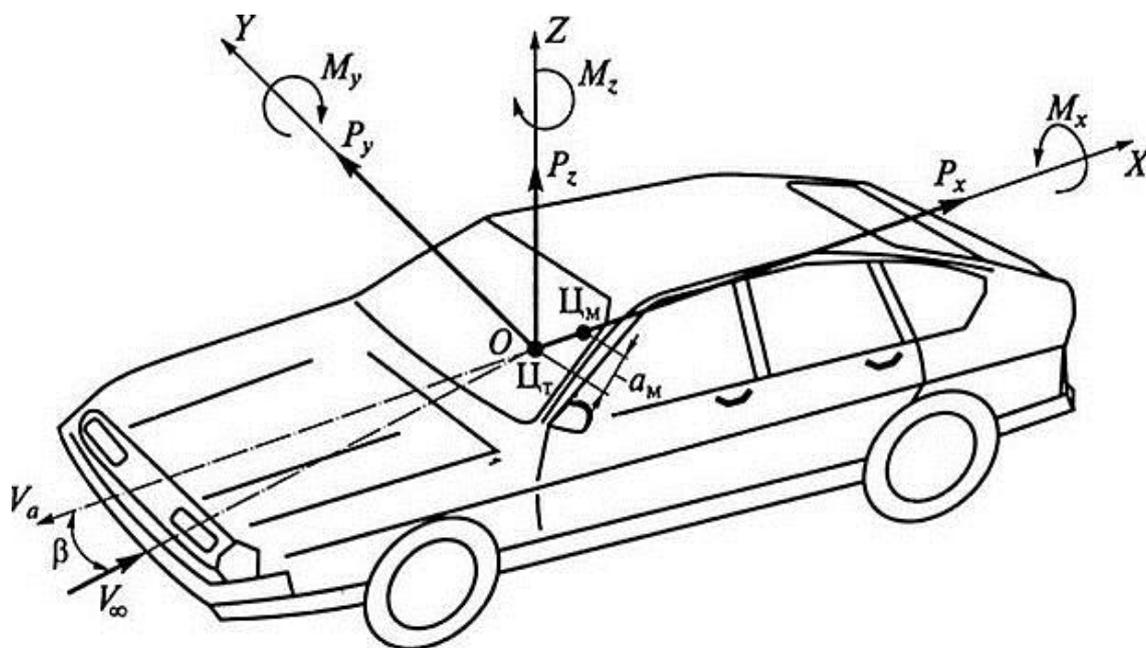


Рисунок 1 – Аэродинамические силы, действующие на движущийся автомобиль.

Ц_T - центр масс автомобиля (точка O); Ц_M - метацентр; a_M - плечо приложения аэродинамической силы; ρ - угол натекания воздушного потока; P_x - сила лобового сопротивления; P_y - боковая сила; P_z - подъемная сила; M_x - момент крена; M_y - опрокидывающий момент (момент тангажа); M_z - поворачивающий момент (момент рысканья); V_a - направление скорости автомобиля; $V_{\text{в}}$ - направление набегания

«Лобовое сопротивление P_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 P_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 набегавшего потока V , и направление этой скорости составляет угол ρ с направлением движения.»[4]

Основные понятия:

Сила лобового сопротивления (P_x) — сила, с которой воздух воздействует на движущийся автомобиль. Действует в противоположную

сторону движения. Чем выше данная сила, тем меньше максимальная скорость автомобиля и его динамика.

Коэффициент аэродинамического сопротивления (C_x) - безразмерная величина, определяющаяся опытным путём с использованием аэродинамической трубы или расчётом. Коэффициент является отношением аэродинамической силы к скоростному напору и характерной площади.

Подъемная сила (P_z) — проходит перпендикулярно силе лобового сопротивления. Обтекая автомобиль, частицы потока, обтекающие днище, проходят меньший путь, чем частицы, обтекающие верхнюю часть автомобиля. Исходя из уравнения Бернулли, чем меньше скорость частиц, тем больше давление среды. Поэтому при движении на большой скорости происходит «отрыв» колёс, что окажет влияние на управляемость и устойчивость.

Коэффициент подъемной силы (C_y) — безразмерная величина, определяется аналогично C_x . Зависит от формы автомашины, положения в пространстве и чисел Маха и Рейнольдса

Опрокидывающий момент (M_y) — перераспределение нагрузок между передними и задними осями автомобиля. Это происходит, потому что P_x действует под углом к продольной оси автомобиля. Чем выше опрокидывающий момент, тем больше вероятность того, что при высоких скоростях управление изменится, а при нулевых значениях автомобиль будет управляться одинаково.

Момент крена (M_x) и разворачивающий момент (M_z) – определяют способность формы автомобиля противостоять потокам бокового ветра. Чем меньше значения, тем меньше водитель чувствует порывы ветра.

«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]

1.2 Аэродинамическое сопротивление автомобилей.

«Как известно, сила сопротивления воздуха пропорциональна произведению коэффициента сопротивления воздуха на площадь поперечного сечения. Ограничения на уменьшение указанных факторов для серийных и гоночных автомобилей носят совершенно разный характер. Площадь поперечного сечения для серийного автомобиля в основном определяется необходимостью получения желаемых размеров салона, в то время как для гоночного прежде всего существенное значение имеют колея и размеры шин. В данном случае возникает ситуация, в которой конструктор сталкивается с противоречивыми требованиями. Обеспечение по возможности большей вместимости серийного автомобиля и соответственно максимально высокой предельной скорости движения на повороте для гоночного автомобиля так же важны, как и получение малого сопротивления воздуха. Для спортивных автомобилей, и в особенности для гоночных,

возникает необходимость отыскания возможного компромисса между силой сопротивления воздуха и подъемной силой.»[5]

«Коэффициент сопротивления воздуха в основном определяется формой автомобиля. Некоторые элементы формы, наиболее сильно влияющие на коэффициент C_x :

-сужающийся в продольном сечении передок обеспечивает малое значение коэффициента сопротивления воздуха. Однако не достаточно чтобы верхняя и нижняя поверхности передка сходились равномерно, т.е. чтобы контур передка в среднем продольном сечении был симметричным (рис. 2) поскольку такая форма способствует появлению аэродинамической подъемной силы. Плавное постепенное сужение просвета между нижней поверхностью передка и основанием приводит к возникновению зоны повышенного давления, что сопровождается возникновением подъемной силы. Для предотвращения появления подъемной силы, а зачастую, и для создания силы, прижимающей автомобиль к поверхности дороги, передок следует сужать с одновременным наклоном вниз.»[5]

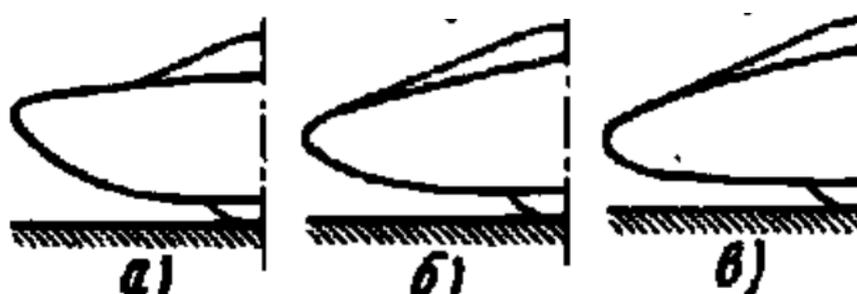


Рисунок 2 - Сравнение различных форм передка при неизменных формах других элементов кузова

Минимальное аэродинамическое сопротивление возможно в случае, когда значение подъемной силы ближе к нулю. На реальных автомобилях очень сложно получить ровное днище, так как узлы и детали подвески, выступающие под днищем, «поскольку детали подвесок и привода едва ли возможно закрыть облицовками, а к некоторым другим узлам, например, к глушителю, для охлаждения требуется доступ воздуха. Днище с выступами и неровностями оказывает воздуху сильное сопротивление. Поэтому лучше

хотя бы часть воздуха направить по бокам автомобиля. Относительно просто это сделать с помощью спойлера передка. Коэффициент аэродинамического сопротивления можно уменьшить до определенного значения и, кроме того, за счет разрежения, образующегося за спойлером, получить силу, прижимающую автомобиль к дороге.»[5]

«На рис. 3 приведены результаты оценки влияния контуров задней части автомобиля, имеющих разную площадь крайнего поперечного сечения. Уменьшение площади поперечного сечения на схеме (б) осуществлялось за счет увеличения наклона верхней поверхности задка. Дальнейшее уменьшение площади (схема в) производилось одновременно увеличением наклона верхней поверхности задка и увеличением заднего свеса, так как дальнейшее увеличение наклона в этом случае сопровождается отрывом потока и ростом коэффициента аэродинамического сопротивления, что было доказано Гухо В.Г.

После достижения предельного, с точки зрения возникновения отрыва наклона, уменьшения площади крайнего сечения задка автомобиля возможно только за счет его удлинения. При этом следует обратить внимание, что с увеличением наклона верхней поверхности задка возрастает подъемная сила, действующая на заднюю ось.»[5]

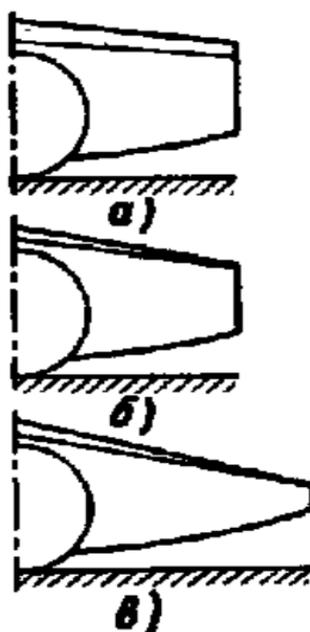


Рисунок 3 - Сравнение различных форм зада при неизменных формах других элементов кузова.

«Следовательно, в отношении величины площади крайнего сечения автомобиля необходимо отыскать компромисс между силой сопротивления воздуха и подъемной силой, или же создавать прижимающую автомобиль к дороге силу (отрицательную подъемную силу) с помощью таких вспомогательных средств, как спойлер или антикрыло, которые, однако, в общем случае отрицательно влияют на аэродинамическое сопротивление.»[5]

1.3 Аэродинамическая прижимающая (отрицательная подъемная) сила

«Увеличение мощностей двигателей, устанавливаемых на автомобили, и соответствующее увеличение скоростей движения приводят к необходимости уделять особое внимание созданию прижимающей силы, так как это связано с устойчивостью движения. Как было указано выше, отклонение передка вниз положительно отражается на перераспределении давлений, действующих на нижнюю и верхнюю поверхности передка в смысле возникновения и роста прижимающей аэродинамической силы. Однако если верхняя поверхность передка имеет сильную выпуклость, то получаемый эффект снижается.»[5].

«Правильное решение с учетом указанного обстоятельства показано на рис. 4 Передок выполнен с очень сильно отклоненным вниз, вогнутым подъемом верхней поверхности от передней кромки. В зоне неизбежного выпуклого перехода к плоскому капоту можно расположить отверстие для подачи воздуха к вентилятору. Благодаря этому можно несколько уменьшить возникающее в этой зоне разрежение.»[5]

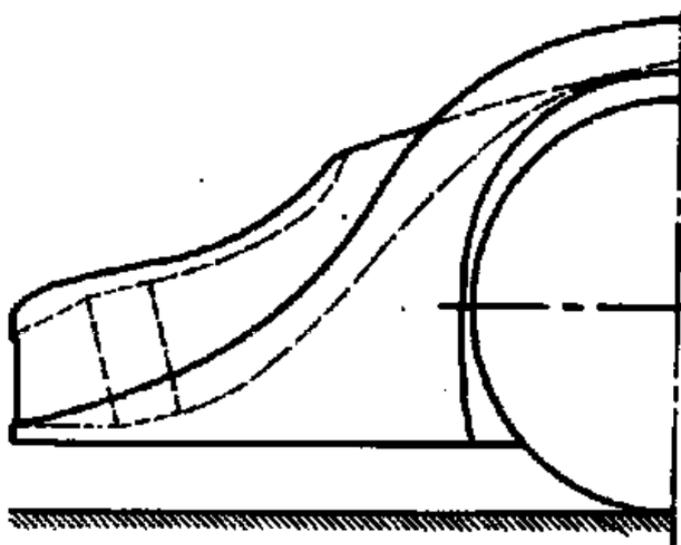


Рис. 4 - Форма переда, обеспечивающая образование прижимающей силы.

«Подъемная сила, приходящаяся на заднюю ось, уменьшается тем больше (и даже может стать прижимающей), чем меньше наклон верхней линии контура задка или соответственно чем выше приподнимается верхняя кромка задка автомобиля. Благодаря спойлеру задка можно так сформировать поток в задней части автомобиля, что над верхней поверхностью спойлера будет иметь место зона повышенного давления, т.е. подъемная сила уменьшается. Насколько существенно можно уменьшить подъемную силу, приходящуюся на заднюю ось, с помощью спойлера задка показано на рис. 1.5.»[5]

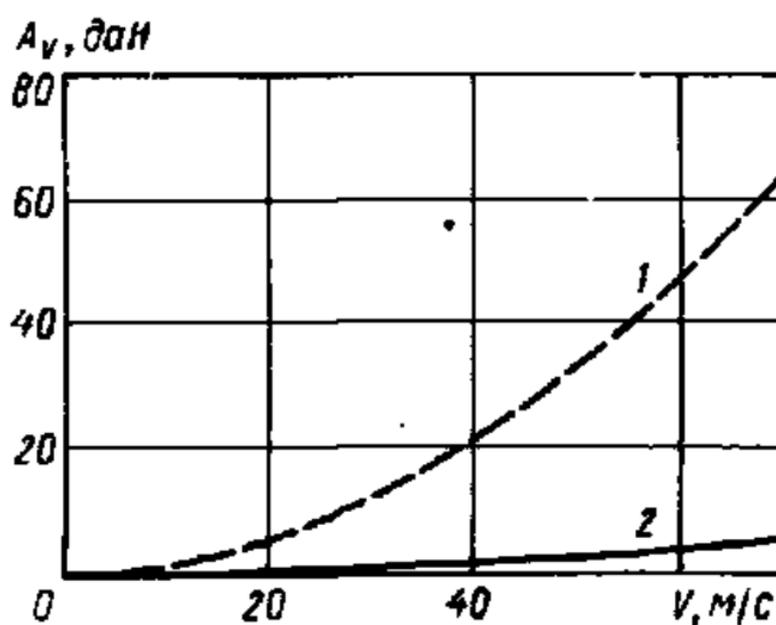


Рис. 5 - «Подъемная сила, приходящаяся на заднюю ось автомобиля при симметричном обтекании:

1 - без спойлера; 2 - со спойлером.»[5]

Рассмотрев аэродинамические силы, действующие на автомобиль при движении, можно сделать вывод, что аэродинамикой нельзя пренебрегать при проектировании автомобиля. Аэродинамика влияет на многие параметры – это максимальная скорость, управляемость, экономичность и комфорт. Поэтому так важно, чтобы при проектировании автомобиля, кузову придавалась правильная форма. Так же немаловажной работой являются и аэродинамические испытания автомобиля в аэродинамических трубах. Такие испытания помогают оценить качество формы кузова автомобиля и в последующем её доработку (в случае необходимости). В настоящее время испытания проводят не только в специальных трубах, но и в специальном программном обеспечении.

2 Обзор аэродинамических труб

В данной работе рассмотрены следующие конструкции дозвуковые аэродинамические стенов:

- Открытого типа;
- Закрытого типа;
- Переходного типа.

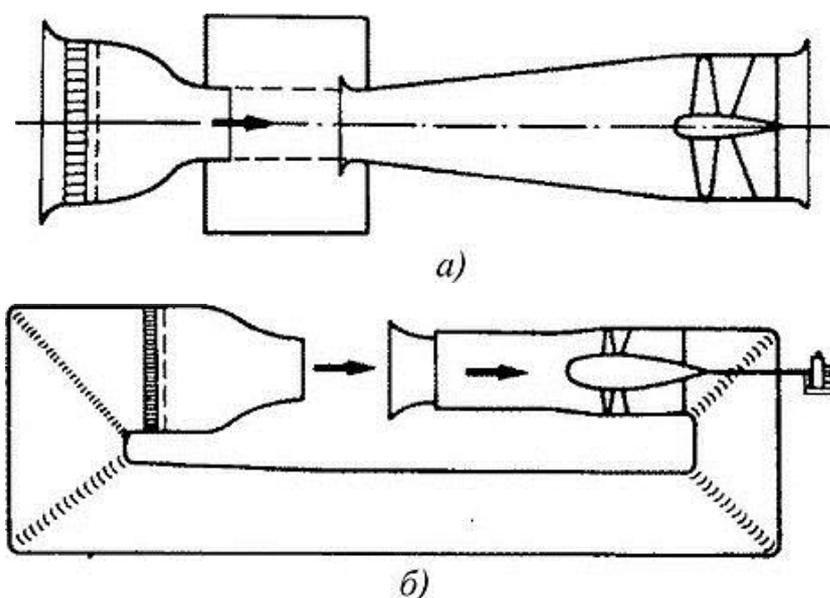


Рисунок 6 – Аэродинамические трубы: а — открытого типа (конструкция Эйфеля); б — закрытого типа (Геттингенская конструкция)

«На рисунке 6 а «показана схема аэродинамической трубы незамкнутого типа (конструкция Эйфеля). В такой трубе через рабочую часть проходит в каждый момент времени новая порция воздуха, входящего из окружающей среды и выходящего наружу с обратной стороны.»[4] Трубы открытого типа применяются нечасто, потому что их работа зависит от условий окружающей среды и данный тип установок неудобен в использовании, такая установка очень шумная, а рабочая часть может притянуть к себе посторонние предметы во время работы. Открытые установки используют, как правило, для продувки небольших моделей или в уменьшенном масштабе.

«На рисунке 6 б показана «замкнутая аэродинамическая труба с перемещением одной и той же массы воздуха по замкнутому каналу

(Геттингенская конструкция). Циркуляция воздуха по каналу обеспечивается мощным вентилятором. Наряду с этими двумя типами была разработана конструкция, являющаяся как бы переходной между ними: конструкция с открытым возвратом воздуха, которая, как правило, тоже связывается с именем Эйфеля. При такой конструкции воздух внутри здания, окружающего аэродинамическую трубу, возвращается от выпускного диффузора к входной воронке. В аэродинамических трубах такого типа окружающее трубу помещение следует проектировать таким образом, чтобы возврат воздуха происходил по возможности без потерь. »[4]

Каждый тип аэродинамических труб имеет как недостатки, так и преимущества.

«Плюсом «аэродинамической трубы Геттингенской конструкции является меньшая требуемая мощность привода. Это приводит к меньшим эксплуатационным затратам, с одной стороны, благодаря меньшему расходу потребляемой электродвигателем энергии, а с другой стороны, благодаря меньшим потерям энергии в подводящих кабелях, которые для больших аэродинамических труб составляют весьма существенное значение. Меньшими будут и капитальные вложения на приобретение и монтаж привода, но капитальные затраты на строительство самого аэродинамического канала будут существенно более высокими, чем для незамкнутого аэродинамического канала. Модели автомобилей для аэродинамических испытаний изготавливаются преимущественно из пластилина, а он при повышении температуры теряет свою твердость. Поэтому в аэродинамических трубах замкнутого типа необходимо предусматривать теплообменник для охлаждения воздуха.»[5] В теплообменнике происходит потеря давления, что требует увеличения мощности привода, а это повышает его цену. «Аэроклиматические трубы могут быть только замкнутого типа. Климатические каналы также выполняются только по Геттингенской схеме.»[5]

2.1 Зарубежные аэродинамические трубы для испытаний автомобилей и моделей в масштабе 1:1

«В качестве примера большой аэродинамической трубы на рис. 7 представлена аэродинамическая труба фирмы "Даймлер Бенц". Эта труба отличается высокой скоростью обдува $V_{\max} = 270$ км/ч.»[5] Настолько высокая скорость предпочтительна при работе с динамичными автомобилями; «это позволяет изучать изменение положения автомобиля вследствие воздействия аэродинамических сил и моментов, а также обратное влияние изменения положения автомобиля на аэродинамические характеристики.»[5]

На рисунке 8 «показана большая аэроклиматическая труба концерна "Фольксваген" в г. Вольфсбурге. Эта труба полностью климатизирована;»[5] В такой трубе имеется возможность проводить при температурах «диапазон изменения температур от -35°C до $+45^{\circ}\text{C}$.»[5] Максимальная скорость «обдува V_{\max} — 180 км/ч вполне удовлетворяет запросы разработчиков легковых автомобилей и небольших автомобилей-фургонов, тем более что при таких высоких скоростях можно не опасаться влияния числа Рейнольдса, его влияние действительно отсутствует.»[5].

«Аэродинамическая труба фирмы Фольксваген (рис.8) представляет собой систему труб четырехугольной формы, и каждое ее колено занимает одну сторону большого четырехугольного здания. В наиболее узкой части, ширина трубы 8 м, в наиболее широкой – около 14 м. Поток воздуха создается осевым вентилятором диаметром 9 м, колесо которого имеет лопасти с переменным углом наклона. Скорость потока в открытой части трубы около 150 км/ч. Воздух, нагнетаемый вентилятором б, попадает через два угловых отражателя 8 в антикамеру 12 диффузора, где установлен охладитель 9, позволяющий понижать температуру воздуха до -35°C . Максимальная температура воздуха в трубе может достигать $+45^{\circ}\text{C}$.»[4]

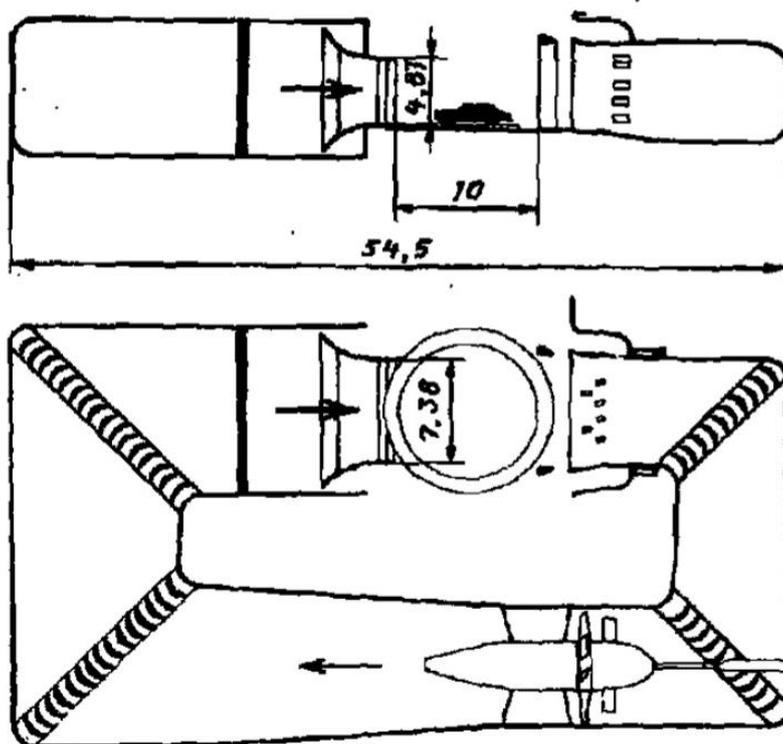


Рисунок 7 – Большая аэродинамическая труба фирмы ”Даймлер Бенц” для испытания моделей 1:1

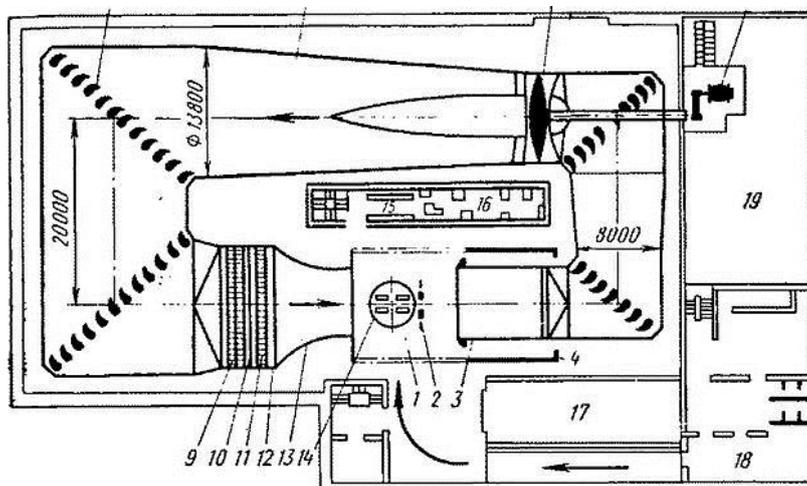


Рисунок 8 – Большая «аэродинамическая труба фирмы ”Фольксваген”

1 - место установки автомобиля; 2 и 7 - диффузоры; 3 - коллектор; 4 - шторы экспериментальной камеры; 5 - электродвигатель привода вентилятора; 6 - вентилятор; 8 - угловой отражатель; 9 - охладитель; 10 - выпрямитель; 11 - турбулентный фильтр; 12 - антикамера диффузора; 13 - аэродинамические весы; 14 - испытательный стенд; 15 - пульт

управления; 16 - центр обработки результатов; 17 - мастерская; 18 - бюро; 19 – машины холодильной камеры»[5]

Для измерения сил и моментов, воздействующих на испытываемую модель, используют самобалансирующиеся шестикомпонентные механические весы. « Поворотная станина, на которой смонтированы весы, позволяет поворачивать исследуемый автомобиль на любой угол по отношению к продольной оси трубы, т.е. к направлению воздушного потока. »[4]

«Различные виды сопротивления имитируются стендом с беговыми барабанами при помощи программного устройства.»[4] Использование климатической установки и стенда с барабанами, позволяет имитировать разные климатические условия. Это позволяет исследовать не только аэродинамические характеристики кузова автомобиля, а так же проанализировать возможности системы охлаждения двигателя, вентиляции и отопления.

«Для проведения испытаний с понижением или повышением температуры, открытую рабочую часть трубы можно закрывать передвижной теплоизоляционной оболочкой.»[4] Схема холодильной установки (Рис 9).

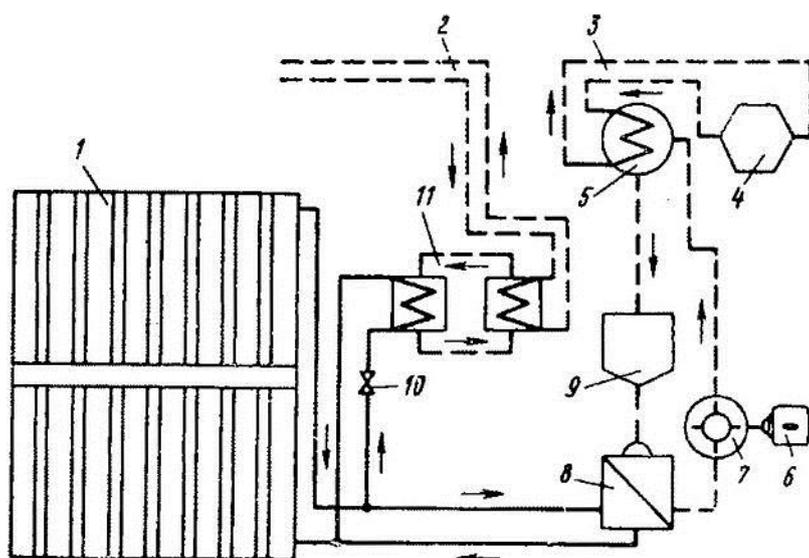


Рисунок 9 – Установка холодильная

«1 - охладитель воды; 2 - горячая вода; 3 - охлаждающая вода; 4 - холодильная башня; 5 - конденсатор; 6 - электродвигатель; 7 - компрессор; 8 - испаритель; 9 - сепаратор; 10- клапан; 11 - теплообменник»[5]

«Температура регулируется «двухступенчатым компрессором мощностью 2300 кВт Фреон в виде пара попадая в конденсатор сжижается. После фреон проходит «через сепаратор в испаритель, где охлаждает,» циркулирующий трихлорэтилен, через охладитель установленный в аэродинамической трубе. Пропускная способность установки составляет $2 \cdot 10^6$ ккал/ч.»[4]

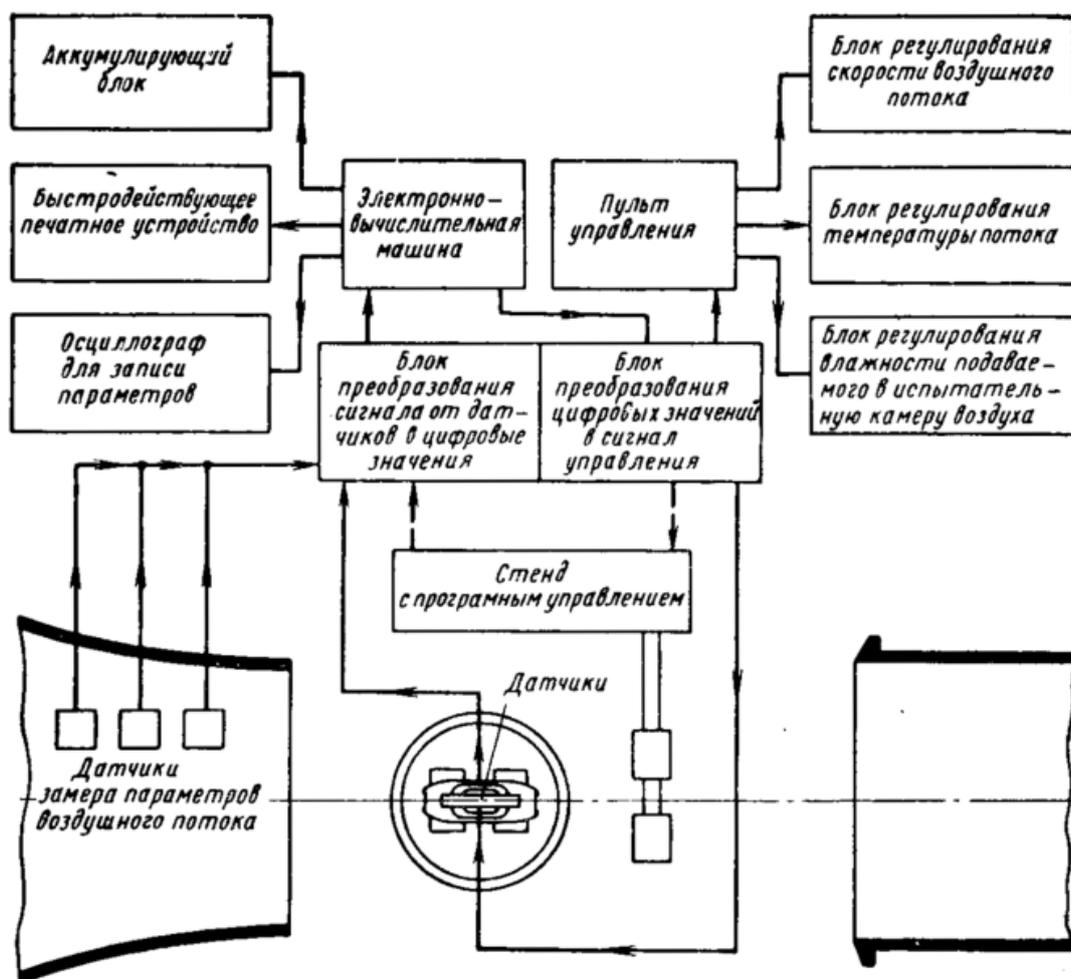


Рисунок 10 – Схема управления всей аэродинамической трубы фирмы «Фольксваген»

2.3 Отечественные аэродинамические трубы для полномасштабных моделей.

«Первая отечественная большая автомобильная аэродинамическая труба была построена в 1988 г. на Дмитровском автополигоне под Москвой Научно-исследовательский центр по испытаниям автотехники (НИЦИАМТ, город Дмитров).»[4]

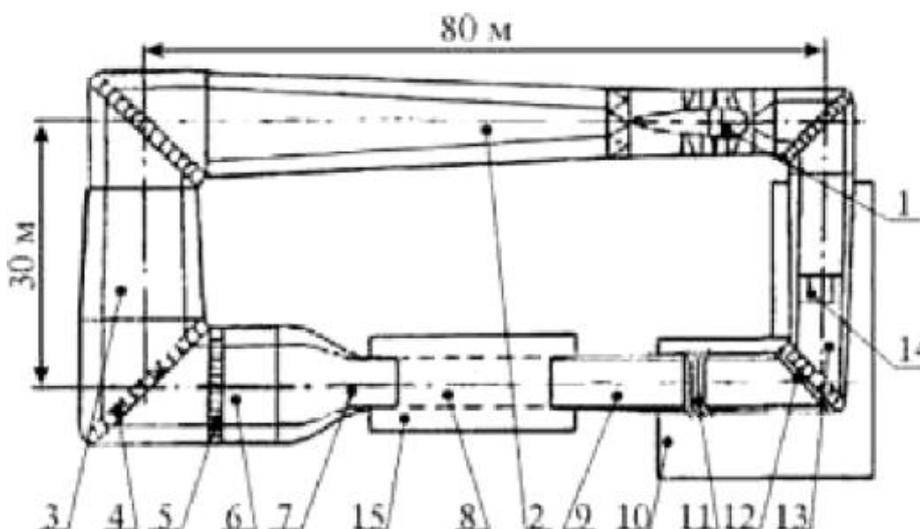


Рисунок 11 – Большая труба аэродинамическая НИЦИАМТ

«1 - вентилятор; 2 - диффузор № 01; 3 - диффузор № 02; 4 - поворотное колено № 04; 5 - хонейкомб; 6 - форкамера; 7- сопло; 8 - рабочая часть; 9 - диффузор №01; 10 - шахта выпуска; 11 - щели для выпуска воздуха; 12 - защитная решетка и поворотное колено № 01; 13- диффузор № 02; 14 - створки системы воздухообмена; 15 - камера Эйфеля» [4]

Это аэродинамическая труба закрытого типа с одним горизонтально расположенным каналом. «Рабочая часть трубы имеет полупроницаемые стенки и камеру Эйфеля.»[4]

В данной трубе «испытываются натурные образцы и полноразмерные макеты легковых автомобилей и микроавтобусов с площадью сечения миделя до $2,9 \text{ м}^2$, а также грузовые автомобили без тента и автобусы с сечением миделя до $6,14 \text{ м}^2$ и максимальной осевой массой до 10т.»[4]

На АвтоВАЗе есть аэродинамическая труба, построенная в 1996 году для испытаний полноразмерных автомобилей.

Некоторые элементы трубы показаны на рис. 12, а вид главного вентилятора на рис. 13.



Рисунок 12 – Общий вид участка, в котором располагается испытуемый автомобиль

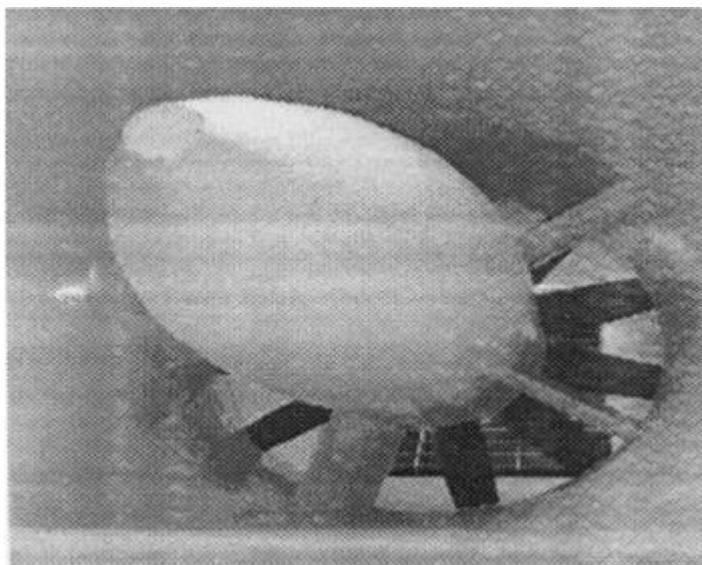


Рисунок 13 – Основной вентилятор трубы

2.4 Аэродинамические трубы для проведения исследований на моделях в уменьшенном масштабе.

Существует аэродинамических труб для испытания уменьшенных моделей, они гораздо дешевле и проще в установке. «Примером тому может служить показанная на рисунке 14 аэродинамическая труба МИРА.»[5] Также для исследования процессов обтекаемости добавляют дымовой канал. «Фирма "Исуцу Моторе" использует дымовой канал «площадью поперечного сечения 1 м²,»[5] позволяющий своими глазами увидеть трехмерные процессы. Применение дымовых каналов наглядно показывают движение охлаждающего воздуха системы вентиляции.

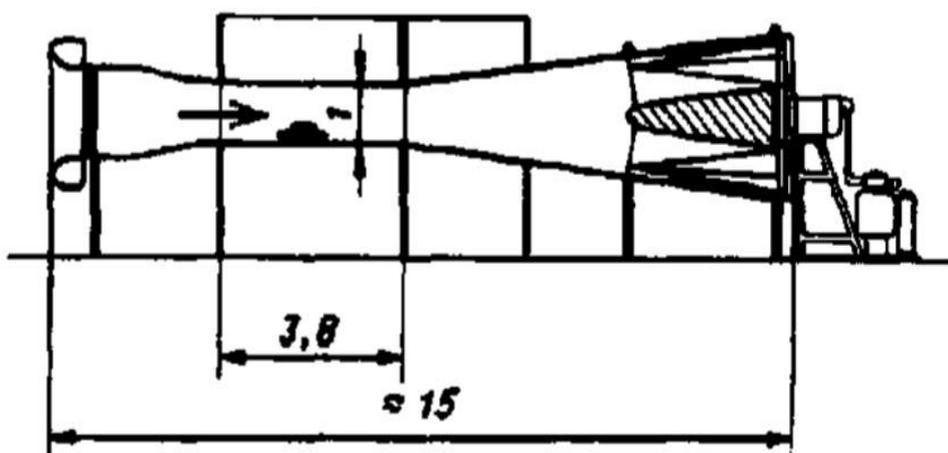


Рисунок 14 – Аэродинамическая труба МИРА

Максимальная скорость воздушного потока $V_{\max} - 160$ км/ч; мощность электродвигателя 37,3 кВт; площадь поперечного сечения 2,12 м².

«В аэродинамической лаборатории Института механики при МГУ была создана замкнутая, одноканальная труба с открытой рабочей частью эллиптического сечения и использованная для ряда экспериментов с моделями автомобилей.»[4] Аэродинамическая труба показана на рис. 15.

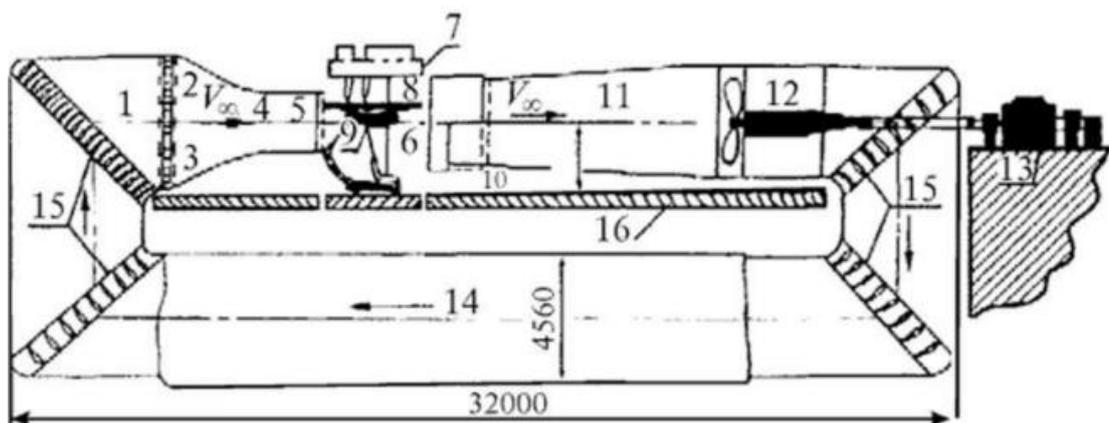


Рисунок 15 – Аэродинамическая труба А-6

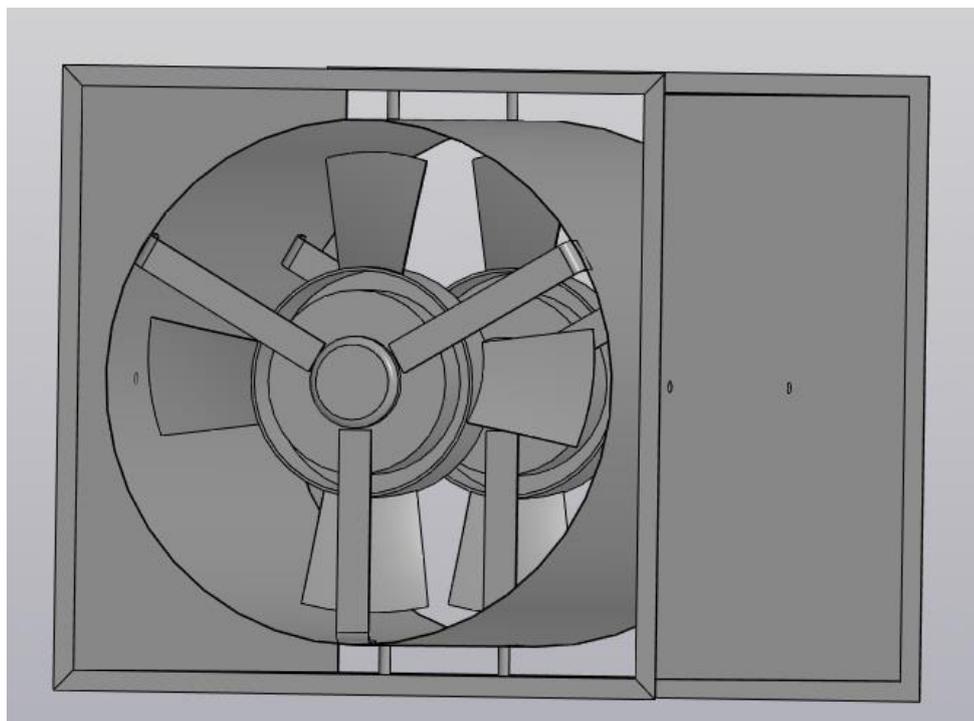
В результате проведенного анализа выявлено, что аэродинамические стенды достаточно крупные и дорогие, нет труб, которые бы были небольшими размерами и были легки в сборке. Поэтому целью данного дипломного проекта является разработка и создание конструкции аэродинамического учебного стенда для определения аэродинамического коэффициента сопротивления, который бы позволял обучаемым наглядно показать, как воздушные потоки влияют на модель автомобиля.

3 Конструкция стенда

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.

Первая секция представляет собой квадратный профиль, внутри которого установлена труба и электромоторы с крыльчатками рисунок 16.

Рисунок 16 – Общий вид первой секции.



Длина трубы 310 мм, радиус 159,5 мм. Фиксируется труба со стороны сопла стальными прутьями диаметром 5 мм (ГОСТ 2590-2006), а с входной стороны пластиной плотно прилегающей к квадратному профилю.

Привод – воздушный поток в системе обеспечивается двумя электромоторами с четырёх лопастными крыльчатками. Электромоторы приводятся в движение импульсным блоком питания.

Для привода крыльчаток используется электродвигатели постоянного тока МЭ-272 с возбуждением от постоянных магнитов, четырёх щёточный, восьмиполосный. Характеристики электродвигателя приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики электромотора МЭ-272

Номинальная мощность	110 Вт
Номинальное напряжение	12 В
Максимальный ток	15А
Номинальная частота вращения	2600 об мин ⁻¹

Для работы электродвигателей было принято решения использовать импульсный блок питания S-500-12. Характеристики блока питания позволяют подключить к нему сразу 2 электромотора МЭ-272 и обеспечить их работу на полную мощность. Блок питания имеет стандартную схему (рисунок).

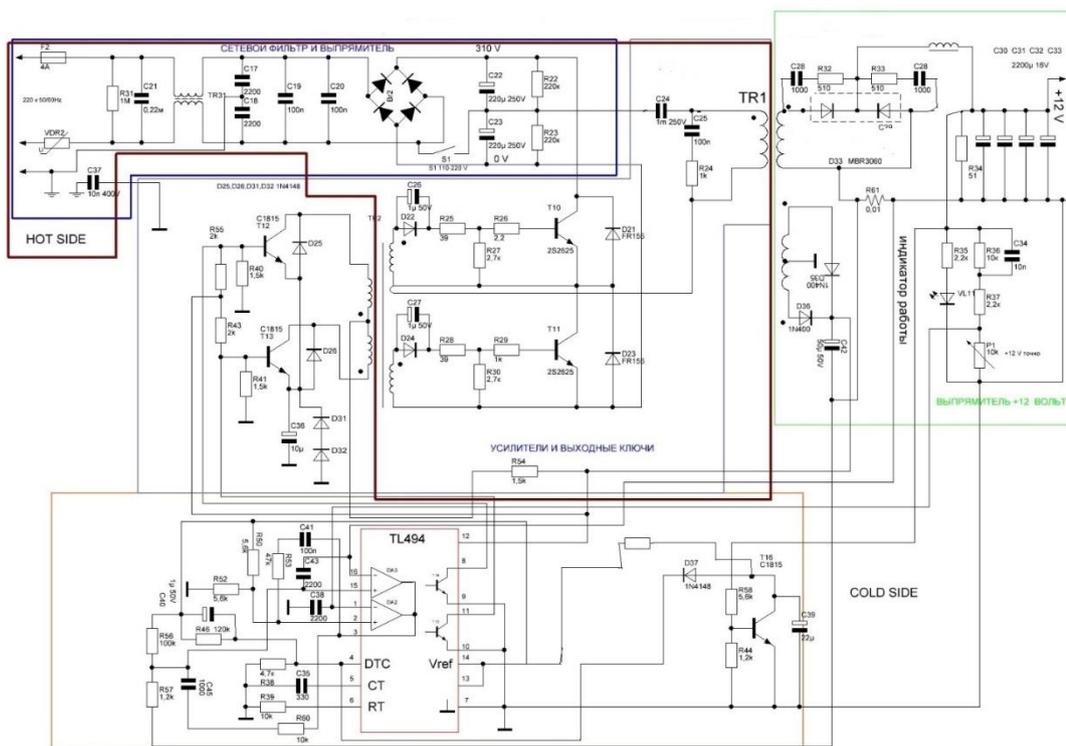


Рисунок 17 – схема импульсного блока питания S-500-12

Таблица 2 - Характеристики блока питания S-500-12.

Номинальная мощность	500 Вт
Максимальный входной ток	41 А
Рабочее напряжение	170-240 В
Выходное напряжение	12 В

Важным показателем аэродинамической трубы является качество, оно определяет её экономичность

Объёмный расход воздуха:

$$Q_v = S_{p.ч} V_{\infty} = 0,027 \times 12 = 0,324 \text{ м}^3/\text{с}, \text{ где}$$

$S_{p.ч}$ – площадь поперечного сечения рабочей части, м

V_{∞} - скорость потока воздуха, м/с

Массовый расход воздуха:

$$m = \rho Q_v = 1,24 \times 0,324 = 0,421 \text{ м}^3/\text{с} = 0,527 \text{ кг/с}, \text{ где}$$

ρ - плотность воздуха

Отношение кинетической энергии потока в рабочей части к мощности

привода:

$$\lambda_T = \frac{mv^2}{2 \times 102N} = \frac{0,524 \times 12^2}{2 \times 102 \times 0,22} = 1,8 \text{ , где}$$

N - мощность привода, $Kвт$

Полезная аэродинамическая мощность привода:

$$N_{sv} = 0,5 p_{\infty} S_{p.ч} V_{\infty}^3 = 0,5 \times 1,24 \times 0,027 \times 12^3 \times 2 = 58 \text{ Вт}$$

КПД вентилятора:

$$\eta = \frac{N_{sv}}{N} = \frac{58}{220} = 0,3$$

Максимальная скорость воздушного потока:

$$V_{\max} = \sqrt[3]{\frac{N \lambda_T \eta}{p S_{\text{раб}}}} = 15,15 \text{ м/с}$$

Как видно из формулы привод удовлетворяет требованиям предъявляемые к трубе -12 м/с.

Сопло – это часть аэродинамической трубы, которая обеспечивает требуемый воздушный поток за счёт сужающегося выходного сечения. В данном стенде оно имеет различное сечение – на входе круглое (большое), а на выходе прямоугольное (малое). Сопло выполнено следующим способом: В трапециобразную конструкцию устанавливается часть трубы, с одной стороны выполнены вырезы для плотного прилегания трубы к конструкции, с другой для предотвращения потерь напора воздуха наклеены резиновые уплотнители закрывающие зазор между секциями труб.

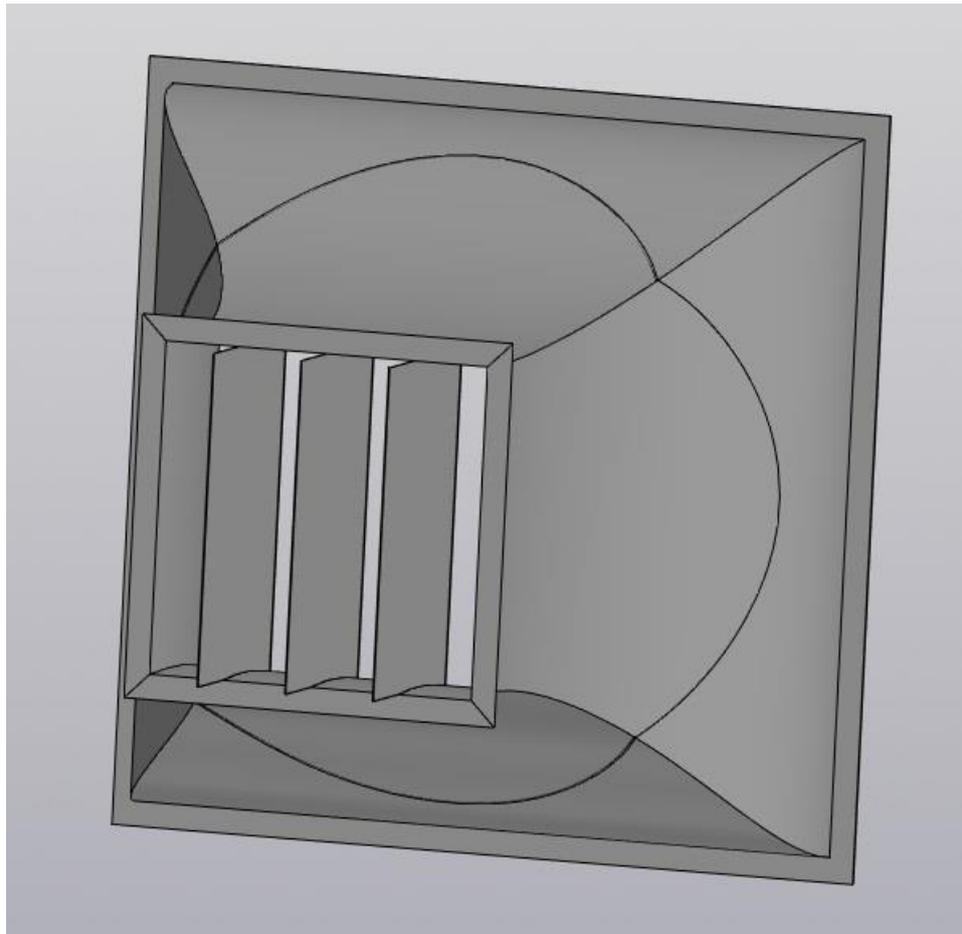


Рисунок 18 – Сопло в сборе со стороны выходного сечения

Профиль сопла (рис. 19), рассчитан по формуле Витошинского на каждые 50мм длины, так как сечение имеет разную форму, радиус выходного сечения был взят по половине диагонали высоты прямоугольника:

$$r = r_{\text{ВЫХ}} / \sqrt{1 - \left[1 - \left(\frac{r_{\text{ВЫХ}}}{r_{\text{ВХ}}} \right)^2 \right] \frac{(1 - x^2/l^2)^2}{(1 + x^2/l^2)^3}}$$

,где

$r_{\text{ВЫХ}}$ - выходной радиус сопла

$r_{\text{ВХ}}$ - входной радиус сопла

l^2 - длина сопла

x^2 - расстояние от входного сечения сопла

$$r = 82,5 / \sqrt{1 - \left[1 - \left(\frac{82,5}{159,5} \right)^2 \right] \frac{(1 - 50/290)^2}{(1 + 50/290)^3}} = 147,9 \text{ мм}$$

$$r = 82,5 / \sqrt{1 - \left[1 - \left(\frac{82,5}{159,5} \right)^2 \right] \frac{(1 - 100/290)^2}{(1 + 100/290)^3}} = 88.41 \text{ мм}$$

$$r = 82,5 / \sqrt{1 - \left[1 - \left(\frac{82,5}{159,5} \right)^2 \right] \frac{(1 - 150/290)^2}{(1 + 150/290)^3}} = 84.59 \text{ мм}$$

$$r = 82,5 / \sqrt{1 - \left[1 - \left(\frac{82,5}{159,5} \right)^2 \right] \frac{(1 - 200/290)^2}{(1 + 200/290)^3}} = 83.10 \text{ мм}$$

$$r = 82,5 / \sqrt{1 - \left[1 - \left(\frac{82,5}{159,5} \right)^2 \right] \frac{(1 - 250/290)^2}{(1 + 250/290)^3}} = 82.58 \text{ мм}$$

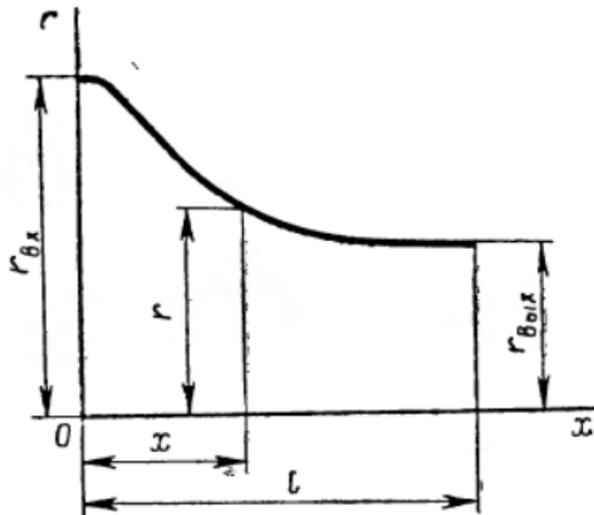


Рисунок 19 – Параметры профиля, рассчитываемые формулой
Получившийся профиль представлен на рисунке 20:

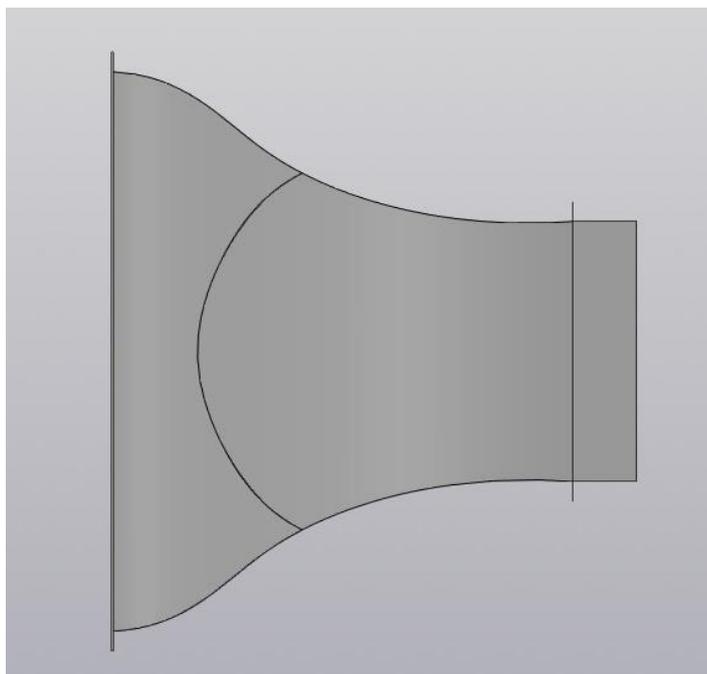


Рисунок 20 – Профиль сопла

Степень поджатия:

$$n = \frac{S_{\text{вх}}}{S_{\text{вых}}} = \frac{0,0800_{\text{м}^2}}{0,0270_{\text{м}^2}} = 3$$

Для сопла дозвуковой трубы важную роль играет степень поджатия. Чем больше степень поджатия, тем ровнее профиль скоростей на выходе, меньше турбулентность и гидравлические потери. Меньшие гидравлические потери способствуют уменьшению затрат энергии привода.

Рабочая часть рисунок 21 – это секция, в которой устанавливается испытываемая модель. Данная секция имеет форму параллелепипеда, рабочая площадь квадратного сечения составляет $0,0270_{\text{м}^2}$, на боковой стенке имеется окошко для наблюдения за экспериментом размером 150x80, Длина самой секции составляет 300мм. Такие размеры обусловлены размером испытываемой модели. На верхней части секции имеется отверстие и пластина, на которую установлены весы, электронные весы WH-A8. Диапазон измерения весов: 0-10кг (шаг 5 грамм), 10-50кг (шаг 10 грамм).

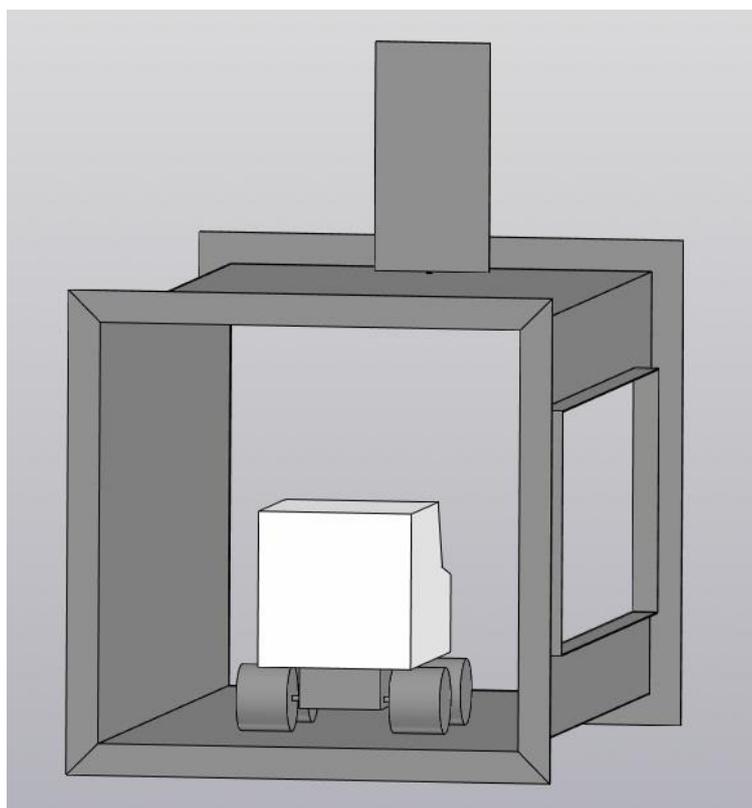


Рисунок 21 – Рабочая часть

Актуальность трубы для лабораторных исследований характеризуется ее полями скоростей и давлением. Равномерность скоростей в рабочей секции характеризуется величиной отношения $\frac{\Delta v}{v_{cp}} = \frac{v - v_{cp}}{v_{cp}}$, где v – местная скорость; v_{cp} – средняя скорость в данной точке поперечного сечения рабочей камеры. Измерения скоростей производились с помощью АКТАКОМ АТТ-1002. Данные измерения потока воздуха в разных точках, средняя скорость принята в центре сечения рабочей части $v_{cp} = 12$ м/с.,

Центральное положение датчика:

$$\frac{\Delta v}{v_{cp}} = \frac{12 - 12}{12} = 0$$

Положение в нижнем правом углу, где располагается смотровое окно:

$$\frac{\Delta v}{v_{cp}} = \frac{10 - 12}{12} = -0,166 \text{ м/с}$$

Положение в верхнем правом углу:

$$\frac{\Delta v}{v_{cp}} = \frac{9,8 - 12}{12} = -0,183 \text{ м/с}$$

Положение в нижнем левом углу:

$$\frac{\Delta v}{v_{cp}} = \frac{13 - 12}{12} = +0,083 \text{ м/с}$$

Положение в верхнем левом углу:

$$\frac{\Delta v}{v_{cp}} = \frac{15 - 12}{12} = +0,104 \text{ м/с}$$

Наибольшее отклонение в верхнем правом углу, оно составляет 1,52% от средней скорости. Так можно сделать вывод, что труба отлажена удовлетворительно, так как в хорошо отлаженных трубах, для реальных испытаний, этот показатель составляет не более 0,75%. Для лабораторных работ такая разность скоростей допустима.

На нижней часть секции (место стояния модели автомобиля) установлен кронштейн с роликом, этот ролик обеспечивает соединение весов и испытуемой модели. Соединение происходит за счёт не растягиваемой нитки. Рабочая часть соединена с диффузор болтовым соединением в четырёх точках на углах фланцев (болт с шестигранной головкой с фланцем ГОСТ Р 55739-2013, шайба Наименование АД1 ГОСТ 4784-97, гайка шестигранная ГОСТ 15523-70).

Общий вид и фотография стенда представлены на рисунках 21 и 23

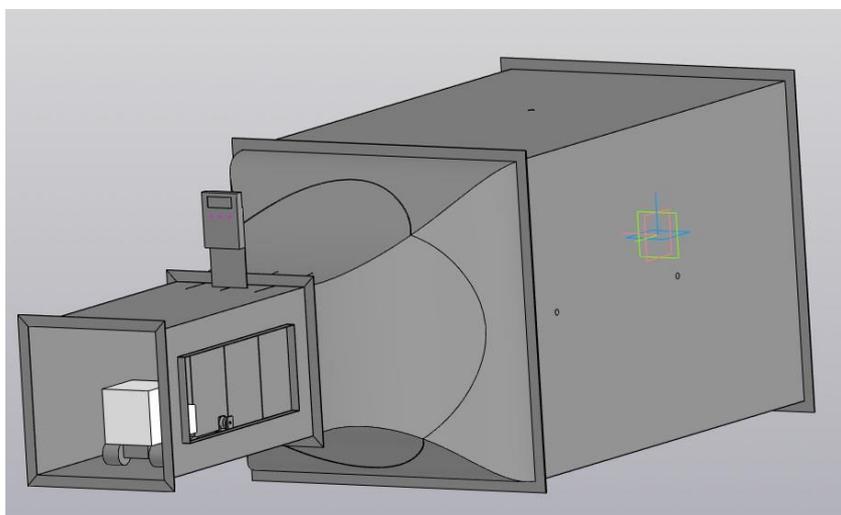


Рисунок 22- общий вид



Рисунок 23 - фотография

Вывод

Данный стенд, соответствует тем требованиям, которые были предъявлены в техническом задании. Учитывая малую мощность привода, и небольшую скорость воздушного потока - стенд будет использоваться в учебных целях. У данного стенда есть плюсы и минусы. Плюсом является его компактность, стоимость и экономичность. Минусами – малая скорость воздушного потока, что влечёт за собой невозможность проведения на нём исследовательской работы. В целом, для проведения лабораторных работ стенд подходит.

4 Экономическая эффективность проекта

4.1 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.

4.2 Исходные данные на проектный расчет

Таблица 4.1– Расчетные параметры

Данные	Условные обозначен.	Ед. Измер.	Значение показателей	
			Базовая	Проектное
1 Год. программа	П _Г	штук	300	300
2 Время машин. (оперативное)	Топ	час	1	0,95

Продолжение таблицы 4.1

Показатели	Условные» обозначен.	Ед. Измер.	Значение показателей	
			Базовое	Проектн.
3 Норма обслуживания Раб.места	а	%	8	8
4 Норма на отдых и личные Надоб.	Б	%	6	6
5 Часовой оклад	Сч	Руб/час	1,33р–80	1,33р–80
			1,5р–90	1,5р–90
			1,6р–100	1,6р–100
6 Коэф. Доплат к основной з/плате	Кд	%	1,88	1,88
7 Взносы а страховые фонды	Кс	%	30	30
8 Цена на оборудование	Цоб	руб	50000	расчет
9 Коэф. на монтаж и доставку	Кмон	%	1,25	1,25
10 Годовая норма амортизации На площ.	На	%	2,5	2,5
11 Годов.норма амортизации Оборуд.	На	%	10	10
12 Площадь для установки оборудов.	Руд.	М ²	3,05	2,97
13 Коэф. Дополнительной Площади	Кд.пл		4	4
14 Цена на элетрич.	Цэ	руб/квч	3,4	3,4
15 Цена 1м ² площади	Цпл	руб/м ²	4500	4500
16 Стоимость эксплуатации Произ. Площади	Сэксп	руб/м ²	2000	2000
17 Работающих на техпроцессе	Чр	Чел.	1	1
18 Коэф. Транс .заготов. расходов	Ктз	%	1,03	1,03

Продолжение таблицы 4.1

19 Коэф. Возврата отходов	Квоз.	%	2	2
20 Коэф. Общепроизвод. Расходов	Копр	%	1,25	1,25
Показатели	Условные обозначен.	Ед. Измер.	Значение показателей	
			Баз.	Проектн.
21 Коэффициент общехозяйственных расходов	Кохр	%	1,6	1,6
22 Коэффициент внепроизводственных расходов	Квнепр.	%	0,02	0,02

4.2.1 Номинальный годовой фонд времени работы оборудования

$$F_H = (D_r \cdot T_{cm} - T_p \cdot D_p) \cdot C \quad (4.1)$$

$$F_H = (255 \cdot 8 - 1 \cdot 5) \cdot 1 = 2035 \text{ ч.} \quad (4.2)$$

4.2.2 Эффективный фонд времени работы оборудования

$$F_{\text{Э}} = F_H \cdot (1 - B/100) \quad (4.4)$$

$$F_{\text{Э}} = 2035 \left(1 - \frac{5}{100}\right) = 2023 \text{ ч.} \quad (4.5)$$

4.3 Расчет технологической себестоимости оборудования

4.3.1 Расчет статьи затрат сырье и материалы

$$M = C_M \cdot Q_M \cdot (1 + K_{T3}/100 - K_{\text{вот}}/100) \quad (4.6)$$

где: C_M - цена на материал (оптовая), руб.;

Qм - норма расхода материала;

Ктз - коэф.транспортно-заготов. расходов, %;

Квот - коэф.возвратных расходов, %.

Таблица 4.2. – Расчет вложений в аэродинамическую трубу

Наименование»	Ед. Изм.	К- во	Цена	Сумма
СБОРОЧНЫЕ ЕДИНИЦЫ				
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
ДЕТАЛИ (покупные)				
1 Воздуховод квадратного сечения (большой)	шт	1	2000	2000
2 Переход воздуховода(сопло)	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

Продолжение таблицы 4.2

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	
15 Резиновый уплотнитель 1м	шт	1	36	36	
Наименование»	Ед. Изм.	К- во	Цена	Сумма	
Итого				5346	
СТАНДАРТНЫЕ ИЗДЕЛИЯ					
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
МАТЕРИАЛЫ					
1 Эпоксидный клей Done Deal DD6573	кг	0,028	480	480	
Итого		кг	0,028	480	480
1 Транспортно-заготовительные					
Всего		%	3	24102·3 %	723
				24825	

Расчет пункта затрат «основная з/п»

$$Z_{осн} = Z_t \cdot K_d Z_t = Cч \cdot T_{шт}, \quad (4.1)$$

где $Cч$ - часовой оклад, руб./час;

$T_{шт}$ - трудоемкость выполнения операции, час;

Z_t - тариф. ставка, руб.;

K_d - коэф. доплат к основной з/п.

Расчет трудоемкости (нормы штучного) времени:

$$T_{шт} = T_{маш} + T_{всп} + T_{обсл} + T_{отл} + T_{п.з.} \quad (4.2)$$

где $T_{маш}$ - машинное время по техпроцессу.

Расчет трудоемкости времени на установку оборудования, (час)

Таблица 4.3 - Расчет трудоемкости

Виды операции	$T_{маш}$	$T_{всп}$	$T_{обсл}$	$T_{отл}$	$T_{пз}$	$T_{шт}$
1 Заготовительные	2	0,2	0,2	0,1	0,02	2,52
2 Сварочные	4	0,4	0,4	0,2	0,04	5,04
3 Сверлильные	1,5	0,15	0,15	0,075	0,015	1,89
4 Слесарные	4	0,4	0,4	0,2	0,04	5,04
5 Сборочные	5	0,5	0,5	0,25	0,05	6,3
6 Отладочные	5	0,5	0,5	0,25	0,05	6,3
сумма						20,79

Таблица 4.4–Расчет основной заработной платы

Виды операций	Разряд работы	Труд-ть, ч.-час	Часовая тарифная ставка	Зарплата по тарифу
1 Заготовительные	3	2,52	80	201,6
2 Сварочные	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 осн. з/п				1,88
Основная з/п				3884,8

4.3.2 Затраты на основную и дополнительную заработную плату

$$З_{доп} = З_{осн} \cdot (К_{доп}/100) \quad (4.3)$$

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

$$З_{доп} = 3884,8 \cdot 12/100 = 466,1 \quad (4.4)$$

4.3.3 Отчисления на социальные нужды

$$О_{сс} = \text{Фопл. тр.} \cdot (К_{сс}/100) = (З_{осн} + З_{доп}) \cdot К_{сс}/100 \quad (4.5)$$

где $K_{сс}$ –коэф. отчислений на соц. нужды, (%);

Фопл.тр - фонд оплаты труда по осн. и доп. зарплате;

$$O_{cc} = (3884,8 + 466,1) \cdot \frac{30}{100} = 1305,27$$

4.3.4 Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования

а) расход на амортизацию оборудования

$$A_{об} = C_{об} \cdot (N_a/100) \cdot T_{маш}/F_{э}, \quad (6.6)$$

где $C_{об}$ - цена оборудования, используемого при изготовлении оборудования (руб.);

N_a – нормальная амортизация данного оборудования, %;

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

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

Таблица 4.5 - Расчет затрат на амортизацию оборудования

Вид оборудования	Цена оборуд.	Норма амортизации (%)	Время машинное(ч)	Эффективный фонд времени	Сумма амортиз. Отчисл.
1 Аппарат для ручной дуговой сварки	20000	20	4,0	2023	7,90
2 Сверлильный станок	50000	12	1,5	2023	4,45
3 Инструмент слесарный	30000	10	4	2023	5,93
итог	100000				18,28

б) $P_{ээ}$ – затраты на электричество

$$P_{ээ} = M_y \cdot T_{маш} \cdot C_{ээ}/КПД \quad (4.7)$$

где M_u – потребляемая мощность оборудования, кВт;

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

Таблица 4.6–Расчет затрат на электроэнергию

Вид оборудования	Установ. Мощность оборудования	Время машинное(ч)	Цена эл.энергии	КПД	Затраты на эл. Энергию, руб.
1 Аппарат для ручной дуговой сварки	4,5	4	4,82	0,8	108,45
2 Сверлильный станок	4	1,5	4,82	0,7	41,31
3 Инструмент слесарный	2	4	4,82	0,7	55,08

Итого затраты на электричество 204,39 руб.

Итого затрат на работу оборудования:

$$Z_{об} = A_{об} + P_{ээ} \quad (4.8)$$

где $A_{об}$ – затраты на амортизацию оборудования, руб.;

$P_{ээ}$ – расходы на электричество, руб.

$$Z_{об} = 18,28 + 204,39 = 222,67 \text{ руб.} \quad (4.9)$$

4.3.5 Затраты на амортизацию, содержание и эксплуатацию производственных площадей

а) затраты на амортизацию производственных площадей

$$\text{Апл} = (\text{Цпл} \cdot \text{На. пл.} \cdot S \cdot T \text{ шт}) / \text{Фэф} \cdot 100 \quad (4.10)$$

Где : Цпл – стоимость покупки площадей,руб/м²;

На.пл – амортизационные отчисления на эксплуатацию, %;

Фэф – эффективный фонд времени работы оборудования, час;

S площадь, нужная по техпроцессу, м².

$$\text{Собр.} \cdot \text{Кд. пл} = 2,97 \cdot 4 = 11,88 \text{ руб/м}^2 \quad (4.11)$$

$$\text{Апл} = (4500 \cdot 2,5 \cdot 11,88 \cdot 1,62) / 2023 \cdot 100 = 1,07 \text{ руб.} \quad (4.12)$$

б) вложения на содержание и эксплуатацию площадей.

$$\text{Рпл} = \text{Сэксп} \cdot S \cdot T \text{ шт} / \text{Фэ} \quad (4.13)$$

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

Итого вложений на содержание производственных площадей, руб.

$$1,07 + 19,97 = 21,04 \text{ руб.}$$

4.3.6 Технологическая стоимость изготовления стенда

$$\text{Стех} = M + \text{Пи} + \text{Зосн} + \text{Здоп} + \text{Осс} + \text{Зоб} + \text{Зпл} \quad (4.14)$$

$$\text{Стех} = 24825 + 3884,8 + 466,1 + 1305,27 + 222,67 + 20,92 = 30724,88 \text{ руб.}$$

4.3.7 Общепроизводственные расходы

$$\text{Ропр} = \text{Зосн} \cdot \text{Копр.} \quad (4.15)$$

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

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

4.3.8 Общехозяйственные расходы

$$\text{Рохр} = \text{Зосн.} \cdot \text{Кохр}, \text{ где Кохр} = 1,6 \quad (4.16)$$

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

4.3.9 Внепроизводственные расходы

(Берём 2% от производственной себестоимости)

$$\text{Рвн.} = 41796,44 \cdot 2/100 = 835,93 \text{ руб.} \quad (4.17)$$

Полная себестоимость = Спр. + Рвн.

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

Таблица 4.7 – Структура себестоимости

Статьи затрат	Обозначение	Сумма, руб.	Уд. Вес, %
1 Сырье и материалы	М	24825	58,23
2 Покупные готовые собранные изделия и полуфабрикаты	Пи	0	0
3 Основная з/п	Зосн	3884,8	9,11
4 Дополнительная з/п	Здоп.	466,1	1,09
5 Отчисления на соц. Нужды	Осс	1305,27	3,06
6 Затраты на использование 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 $\text{Ропр} = \text{Зосн} \cdot \text{Копр} = 3884,8 \cdot 1,25$	Ропр	4856	11,39
9 Общехозяйственные расходы $\text{Рохр} = \text{Зосн} \cdot \text{Кохр} = 3884,8 \cdot 1,6$	Рохр	6215,68	14,58
10 Производственная себестоимость	Спр	41796,56	98,04

Продолжение таблицы 4.7

11 Внепроизводственные расходы $R_{вн} = C_{пр} \cdot 2/100 = 41796,44 \cdot 2/100$	$R_{вн}$	835,93	1,96
12 Полная себестоимость $C_{полн} = C_{пр} + R_{вн} = 41796,44 + 835,92$	$C_{п}$	42632,49	100

4.4 Расчет необходимого количества оборудования и коэффициента его загрузки

4.4.1 Расчет штучного времени оказания услуги

$$T_{шт} = T_{маш} \cdot (1 + (a + б))/100 \quad (4.18)$$

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

a – норма времени обслуживания рабочего места, %;

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

$$T_{шт. баз.} = 0,55 \cdot (1 + (8 + 6)/100) = 0,55 + 1,14 = 1,69 \text{ час} \quad (4.19)$$

$$T_{шт. расч.} = 0,48 \cdot (1 + (8 + 6) /100) = 0,48 + 1,14 = 1,62 \text{ час} \quad (4.20)$$

4.4.2 Производственная программа оказания услуги

$$Пг = F_{эф}/T_{шт} = 2023/1,62 = 1248 \text{ ед. В год} \quad (4.21)$$

$$Пг. пред. = 2023 /1,69 = 1197 \text{ ед. В год} \quad (4.22)$$

4.4.3 Расчетное количество основного технологического оборудования

$$\text{Ноб. расч.} = \text{Тшт} \cdot \text{Пг} / F_{\text{Эф}} \cdot \text{Квн} \quad (4.23)$$

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

$$\text{Ноб. расч.} = 1,62 \cdot 1248 / 2023 \cdot 1 = 1 \quad (4.24)$$

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

4.4.4 Коэффициент загрузки оборудования

$$\text{Кз} = \text{Пг. пред.} / \text{Пг. расч.} \quad \text{Кз} = 1100 / 1248 = 0,88 \quad (4.25)$$

Пг.пред.=1100 ед. это значит, что принятая программа ниже чем та, которую может осуществить предприятие, значит имеются какие то причины. Но в это же время у предприятия есть возможность принимать большее кол-во заказов, то есть увеличить объем предоставляемых услуг на имеющемся оборудовании.

$$\text{Кз} = 1100 / 1197 = 0,92 \quad (4.26)$$

Таблица 4.8–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 кол-ва оборудования	Ноб.расч	1	1

Продолжение таблицы 4.8

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

4.5 Расчет прямых и сопутствующих капитальных вложений по базовому и проектному варианту

4.5.1 Общие кап.вложения в оборудование по базовому варианту

$$\text{Кобщ. б} = \text{Коб. б.} = \text{Ноб. прин} \cdot \text{Цоб. б} \cdot \text{Кз. б.} \quad (4.27)$$

где Кз.б. – коэф. загрузки оборудования по базовому варианту,

Цоб.б – остаточная стоимость оборудования с учетом срока службы, руб.;

Ноб.прин. – принятое количество оборудования, необходимого для выполнения производственной программы по базовому варианту.

$$\text{Цоб. б.} = \text{Сперв} - (\text{Сперв} \cdot \text{Тсл.} \cdot \text{На}/100) \quad (4.28)$$

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

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

На – норма амортизации на реновацию оборудования, %;

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

$$\text{Коб. б.} = 1 \cdot 50000 \cdot 0,92 = 46\,000 \text{ руб.}$$

А) Капитальные вложения в оборудование»

$$\text{Коб. б} = \text{Ноб. прин.} \cdot \text{Сперв.} \cdot \text{Кт. з.} \cdot \text{Кз. б.} \quad (4.29)$$

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.

$$\text{Коб. б.} = 1 \cdot 10000 \cdot 1,03 \cdot 0,92 = 94760 \text{ руб.} \quad (4.30)$$

б) Капитальные вложения в дополнительные площади

$$\text{Кпл. б.} = \text{Цпл.} \cdot (\text{Спр} - \text{Сб}) \cdot \text{Кз. б.} \quad (4.31)$$

где Спр-Сб. – дополнительная площадь по базовому варианту, м²;
Цпл – стоимость приобретения площади ,руб/м²;
Кз.з. – коэф.загрузки по базовому варианту.

$$\text{Кобщ. б.} = 3,05 \cdot 4 \cdot 4500 \cdot 0,92 = 50508 \text{ руб.} \quad (4.32)$$

$$\text{Коб. б} = 1 \cdot 100000 + 94760 + 4738 = 199498 \text{ руб.} \quad (4.33)$$

в) Сопутствующие капитальные затраты

$$\text{Зсоп} = \text{Здем} + \text{Змонт.} \quad (4.34)$$

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

$$\text{Змонт} = \text{Ноб. прин} \cdot \text{Кобщ. б.} \cdot \text{Кмонт.}/100. \quad (4.35)$$

$$\text{Змонт} = 1 \cdot 94760 \cdot 5/100 = 4738 \text{ руб.} \quad (4.36)$$

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

4.5.2 Общие капитальные вложения по проектному варианту

$$\text{Кобщ. пр} = \text{Коб. пр} + \text{Кпл. пр} + \text{Зсоп. пр.} \quad (4.37)$$

$$\text{Кобщ. пр} = 25332 + (1 \cdot 2,97 \cdot 4 \cdot 4500 \cdot 0,88) + 5250 = 77\,626,8 \quad (4.38)$$

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

$$\text{Коб. пр.} = \text{Ноб. прин} \cdot \text{Сперв} \cdot \text{Кт} - \text{з} \cdot \text{Кз. пр.} \quad (4.39)$$

где Сперв-стоимость приобретения нового оборудования;

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

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

$$\text{Коб. пр} = 1 \cdot 25332 \cdot 1,03 \cdot 0,88 = 22960,9 \text{ «руб.} \quad (4.40)$$

б) капитальные вложения в дополнительные площади

$$\text{Кпл. пр.} = \text{Цпл} \cdot (\text{Spr} - \text{Sб}) \cdot \text{Кз. пр.} \quad (4.41)$$

где $S_{пр}-S_{б}$ —дополнительная площадь по проектному варианту, m^2 ;

$Ц_{пл}$ – стоимость приобретения площади, руб/ m^2 ;

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

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

$$К_{пл. пр} = 1 \cdot 2,97 \cdot 4 \cdot 4500 \cdot 0,88 = 47\,044,8 \text{ руб.} \quad (4.42)$$

$$Коб. пр. = 1 \cdot 22960,9 \cdot 1,03 + 47\,044,8 + 1864,8 = 72559,327 \text{ руб} \quad (4.43)$$

в) Сопутствующие капитальные затраты

$$З_{соп.} = З_{дем} + З_{монт} \quad (4.44)$$

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

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

$$З_{монт} = Ноб. прин \cdot Кобщ. пр. \cdot К_{монт}/100 \quad (4.45)$$

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

$$З_{монт} = 453,6 + 151,2 + 630 + 630 = 1864,8 \text{ руб.} \quad (4.46)$$

Так как по проектному варианту подъемник монтируется заново на демонтаж затраты не рассчитываем, а монтаж включен в себестоимость изготовления.

4.5.3 Дополнительные капитальные вложения

$$К_{доп} = Кобщ. пр. - Кобщ. б. \quad (4.47)$$

где Кобщ.пр., Кобщ.б. –общие капитальные вложения по проектному и базовому вариантам соответственно.

Дополнительных вложений нет, т.к. изготовление экономичней закупки готового нового.

4.5.4 Удельные капитальные вложения

$$\text{Куд} = \text{Кобщ.}/\text{Пг} \quad (4.48)$$

$$\text{Куд. б.} = 94760 / 1100 = 86,154 \text{ руб.} \quad (4.49)$$

$$\text{Куд. п.} = 77\,626,8/1100 = 70,56 \text{ руб.} \quad (4.50)$$

где Пг – производственная (годовая) программа оказания услуг,

Таблица 4.9 – Полученные значения.

Наименование показателя	Формулы и расчеты	Значения по вариантам	
		Базов.	Проект.
1 Расходные материалы	По базовому и проектному варианту применяются одинаковые расходные материалы	24825	24825
2 Основная зп рабочих	$Z_{\text{осн}} = S_{\text{ч}} \cdot \text{шт} \cdot K_{\text{д}}$ $Z_{\text{осн.б}} = 200 \cdot 1,69 \cdot 1,88$, где 200 это ставка 5 разряда. $Z_{\text{осн.пр.}} = 200 \cdot 1,62 \cdot 1,88$	635,44	609,12
3 Дополнительная зарплата	$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot (K_{\text{доп}}/100)$ $Z_{\text{доп.б}} = 635,44 \cdot (12/100)$ $Z_{\text{доп.пр.}} = 609,12 \cdot (12/100)$	76,25	73,09

Продолжение таблицы 4.9

4 Отчисления на соц. Нужды	$O_{cc} = \Phi O T \cdot K_c = (Z_{ocn} + Z_{доп}) \cdot K_{cc}$ $O_{ccб} = (635,44 + 76,25) \cdot 0,3$ $O_{ccпр} = (76,25 + 73,09) \cdot 0,33$	213,5	204
5 Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования и производ. Площадей			
5.1 Амортизация оборудования	$A_{об} = (Ц_{об} \cdot N_a \cdot T_{маш}) / F_{э} \cdot 100$ $A_{об.б} = (100000 \cdot 10 \cdot 1,69) / 2023 \cdot 100$ $A_{об.пр} = (36728,72 \cdot 10 \cdot 1,62) / 2023 \cdot 100$	8,35	2,94
5.2 Расход на эл. Энергию	$R_{ээ} = M_y \cdot T_{маш} \cdot Ц_{ээ} / КПД$	0	0
5.3 Амортизация площади	$A_{пл} = (Ц_{пл} \cdot N_{a.пл} \cdot S \cdot T_{шт}) / F_{э} \cdot 100$ $A_{пл.б} = (4500 \cdot 3,05 \cdot 4 \cdot 2,5 \cdot 1,69) / 2023 \cdot 100$ $A_{пл.пр} = (4500 \cdot 2,97 \cdot 4 \cdot 2,5 \cdot 1,62) / 2023 \cdot 100$	1,02	0,95
5.4 Расходы на содержание и эксплуатацию площади	$R_{пл} = C_{эсп} \cdot S \cdot T_{шт} / F_{э}$ $R_{пл.б} = 2100 \cdot 12,2 \cdot 1,69 / 2023$ $R_{пл.пр} = 2100 \cdot 11,88 \cdot 1,62 / 2023$	20,39	19,04
5.5 Затраты на текущий ремонт оборудования	$R_{роб.} = N_{об} \cdot Ц_{об} \cdot K_z \cdot T_{шт} \cdot K_p / \Phi_{э} \cdot 60 \cdot K_v$ $R_{р.об.б} = 1 \cdot 100000 \cdot 0,92 \cdot 1,69 \cdot 0,3 / 2023 \cdot 1$ $R_{р.об.пр} = 1 \cdot 36728,72 \cdot 0,88 \cdot 1,62 \cdot 0,3 / 2023 \cdot 1$	23,05	7,62
Технологическая себестоимость		976,98	762

4.6 Калькуляция и структура полной себестоимости эксплуатации базовой и проектируемой конструкции и цена оказания услуги

Таблица 4.10–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 $Р_{опр} = Z_{осн} \cdot K_{опр}(1,25) = 635,44 \cdot 1,25$	794,3	761,4
8 Общехозяйственные заводские накладные расходы $Р_{охр} = Z_{осн} \cdot K_{охр}(1,6)$	1 016,70	974
Статьи затрат	Калькуляция, руб.»	
	базовый	проектный
9 Производственная себестоимость $С_{пр} = С_{тех} + Р_{опр} + Р_{охр}$	2 780,65	2 651,21
10 Внепроизводственные расходы $Р_{вн} = С_{пр} \cdot K_{внепр}(2\%)$	55,613	53,02
11 Полная себестоимость: $С_{полн} = С_{пр} + Р_{вн}$	2 836,263	2 704,23
12 Прибыль предприятия $ПР = С_{полн} \cdot K_{пр}(15\%)$	425,43	405,64
13 Цена услуги $С_{полн} + ПР$	3 261,69	3 109,87

4.7 Расчет показателей экономической эффективности новой техники

4.7.1 Показатель снижения трудоемкости

шт.баз-шт.пр./t шт.баз·100

$$(1,69 - 1,62) / 1,69 \cdot 100 = 4,14 \% \quad (4.51)$$

4.7.2 Показатель снижения технологической себестоимости

$$\text{Стех} = (\text{Стех. в.} - \text{Стех. пр.}) / \text{Стех. в.} \cdot 100\% \quad (4.52)$$

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

4.7.3 «Условно-годовая экономия

$$\text{Эуг} = (\text{Цбаз.} - \text{Цпр}) \cdot \text{Пг} \quad (4.53)$$

$$\text{Эуг} = (3\ 261,69 - 3\ 109,87) \cdot 1100 = 167\ 002 \text{ руб.} \quad (4.54)$$

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

4.7.4 Годовой экономический эффект

Экономия от снижения затрат на покупку оборудования:

$$\text{Эг} = (\text{Зпрб} - \text{Зпр. п}) = 199498 - 77\ 626,8 = 121\ 871,2 \text{ руб.}$$

Ожидаемая прибыль от услуг»:

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

$$\text{Ток} = \text{Кобщ}/\text{Пр. чист} = 77\,626,8 / 446\,215 = 0,17 \text{ года} \quad (4.55)$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$\text{Еср} = 1/\text{Ток.} = 1/0,17 = 5,88 \quad (4.56)$$

где Ток – срок окупаемости дополнительных капитальных вложений, лет.

$$\text{Ен}=0,33$$

$\text{Еср}=5,88$; Коэффициент экономической эффективности выше, чем допустимые параметры, значит, мероприятие является эффективным. Время окупаемости составляет меньше 1 года, по нормативу он окупается за 3 года

Вывод: Внедрение нового оборудования показывает: себестоимость работ на проектируемом оборудовании выше, чем на существующем, на 4 %. Снижение цены на предлагаемую услугу увеличивает конкурентоспособность на рынке услуг и даёт возможность предприятию увеличивать клиентуру. Так же повышается уровень условий труда рабочих.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

Индификатор ОВФ РС и ТП

Опасные и вредные факторы воздействующие на оператора стенда, а так же 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. Пожароопасность	Электрооборудование	Средства пожаротушения

Таблица 5.1 - Индификатор ОВФ РС и ТП

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

Воздействие шума на организм человека может быть проявлен в виде специфического поражения органов слуха, нарушений работы различных органов и систем, снижения производительности труда, понижение внимания, повышения вероятности травмироваться. Допустимый шум 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 максимальный уровень звука непостоянного шума на рабочих местах не должен превышать 110 дБ. Зоны с уровнем звука или

эквивалентным уровнем звука выше 80 дБА должны быть обозначены знаками безопасности по ГОСТ 12.4.026. Работающий 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.

«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.

Например, взаимодействуя с биотоками организма, внешний ток может нарушить нормальный характер их воздействия на ткани и вызывать произвольные сокращения мышц.

Основных видов поражения три:

1. электрические травмы;
2. электрические удары;
3. электрический шок.»[13]

Безопасность электрооборудования регламентируется ГОСТ 12.2.007.0-75

В 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 окружающей среды, находящихся в движении относительно 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 специальные огнетушащие средства. Воздействие огнетушащих средств на очаг возгорания может быть разным: одни охлаждают горящее вещество, другие изолируют его от реакции с воздухом, снимают концентрацию кислорода и горючих веществ. Другими словами, огнетушащие средства воздействуют на факторы, вызывающие процесс горения.

Принципы прекращения горения.

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

- охлаждение очага горения ниже определенных температур;
- интенсивное торможение скорости химической реакции в пламени;

- механический срыв пламени действием струи газа или воды;
- создание условий огнепреграждения.

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

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

Была проведена работа по обеспечению безопасности работы на данном стенде. Были учтены все опасные факторы такие как: пожароопасность, опасность электрического поражения и опасность механических повреждений.

6 ТЯГОВЫЙ РАСЧЕТ

6.1 Данные для расчёта

«Тип автомобиля – переднеприводный легковой автомобиль 2 класса

Колесная формула – 4х2

Количество человек – $n = 5$ (чел.)

Длина = 4480мм.

Ширина (B_r) = 1735 мм.

Высота (H_r) = 1470 мм.

Масса в снаряженном состоянии – $m_0 = 1170$ кг.

Шины : 195/60 R 15

Коэффициент аэродинамического сопротивления - $C_x = 0.35$

Коэффициент сопротивления качению - $f_0 = 0.014$

Коэффициент преодолеваемого уклона - $\alpha_{\max} = 0.32$

Максимальная скорость - $V_{\max} = 173$ км/ч (48.06 м/с)

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

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

Число передач – 5»[16]

6.2 Расчёт мощности и момента двигателя

6.2.1 Определение полной массы автомобиля

$$M_a = M_0 + M_{\text{ч}} * (n) + M_{\text{б}} \quad (1)$$

« M_0 – снаряженная масса автомобиля

$M_{\text{ч}}$ – масса одного человека (75 кг.)

$M_{\text{б}}$ – масса багажа на одного человека (10 кг.)

n – количество пассажиров, включая водителя»[16]

$$M_a = 1170 + 75 * 5 + 50 = 1595 \text{ кг.}$$

6.2.2 Определение статистического радиуса колеса

$$r_{ст} = 0.5 * d + \lambda z * H \quad (2)$$

$d = 15$ – «посадочный диаметр, дюймы» [16] (= 0.38 м)

$\lambda z = 0.86$ – «коэффициент вертикальной деформации, зависящий от типа шин» [16]

$H/B = 0.60$ – «соотношение высоты профиля шины к ее ширине, %» [16]

$B = 0.195$ – «ширина профиля шины, м» [16]

$H = 0.60 * 0.195 = 0.117$ – «высота профиля шины, м» [16]

$$r_{ст} = 0.5 * 0.33 + 0.86 * 0.117 = 0.2906 \text{ м}$$

$$r_{ст} \approx r_{д} \approx r_{к} = 0.2906 \text{ м}$$

«На дорогах с твердым покрытием $r_{ст} \approx r_{д} \approx r_{к}$, где $r_{д}$ – динамический радиус колеса; $r_{к}$ – радиус качения колеса.» [16]

6.2.3 Определение коэффициента обтекаемости

$$k = \frac{C_x \times \rho}{2} \quad (3)$$

« C_x - коэффициент аэродинамического сопротивления

$\rho = 1.293$ – плотность воздуха в нормальных условиях» [16]

$$k = \frac{0.35 \times 1.293}{2} = 0.2263$$

6.2.4 Расчет лобовой площади автомобиля

$$F = 0.8 * Br * Hr \quad (4)$$

$$F = 0.8 * 1.735 * 1.47 = 2,04 \text{ м}^2$$

6.2.5 Расчет коэффициента сопротивления качению при малой скорости

$$f = f_0 * \left(1 + \frac{v^2}{2000}\right), \quad (5)$$

$$f = 0.014 * \left(1 + \frac{48.06^2}{2000} \right) = 0.0302$$

6.2.6 Определение внешней скоростной характеристики двигателя

«Первоначально определяют мощность двигателя при максимальной скорости автомобиля по формуле мощностного баланса с учетом КПД трансмиссии:» [16]

$$N_v = \frac{1}{\eta_{тр}} (G_a \times \psi_v \times V_{max} + \frac{c_x}{2} \times \rho \times F \times V_{max}^3) \quad (6)$$

« ψ_v – коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля. .)» [16]

«Для легковых автомобилей коэффициент суммарного дорожного сопротивления назначают равным коэффициенту качения при максимальной скорости.

$$\psi_v = f = 0.0302$$

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

$\rho = 1.293$ – плотность воздуха в нормальных условиях (760 мм.рт.ст.)» [16]

$$N_v = \frac{1}{0.92} \times (1595 \times 9.81 \times 0.0302 \times 48.06 + 0.2263 \times 2,04 \times 48.06^3) = 80366$$

Вт \approx 80.37 кВт

«Максимальная мощность двигателя в зависимости от его типа: » [16]

$$N_{max} = \frac{N_v}{a * \lambda + b * \lambda^2 - c * \lambda^3} \quad (7)$$

« $a = b = c = 1$ – эмпирические коэффициенты для карбюраторного двигателя.

« $\lambda = \omega_v / \omega_N$ – отношение частот вращения коленчатого вала при максимальной скорости к частоте вращения коленчатого вала при максимальной мощности.» [16]

Принимаем $\lambda = 1.11$

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

$$N_{max} = \frac{80366}{1 * 1.11 + 1 * 1.11^2 - 1 * 1.11^3} = 82471 \text{ Вт} \approx 82.47 \text{ кВт}$$

Продуктивная мощность двигателя

$$N_e = N_{max} * [a * \left(\frac{\omega_e}{\omega_N}\right) + b * \left(\frac{\omega_e}{\omega_N}\right)^2 - c * \left(\frac{\omega_e}{\omega_N}\right)^3] \quad (8)$$

« ω_e – текущее значение частоты вращения коленчатого вала

N_e – текущее значение эффективной мощности двигателя, кВт » [16]

Продуктивный момент двигателя:

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e} \quad (9)$$

«Принимаем минимальную частоту вращения коленчатого вала:»[16]

$$\omega_{min} = 100 \text{ с}^{-1}$$

Результаты расчетов запишем в таблицу 1.

Таблица 1

$\omega_e,$ с^{-1}	100	153	206	259	312	365	418	471	524	577	630
$N_e,$ кВт	16,625 8	26,587 07	36,823 91	46,934 3	56,516 33	65,167 89	72,487	78,071 66	81,519 84	82,429 55	80,398 78
$M_e,$ Нм	166,25 8	173,77 17	178,75 68	181,21 4	181,14 21	178,54 22	173,41 39	165,75 72	155,57 22	142,85 88	127,61 71

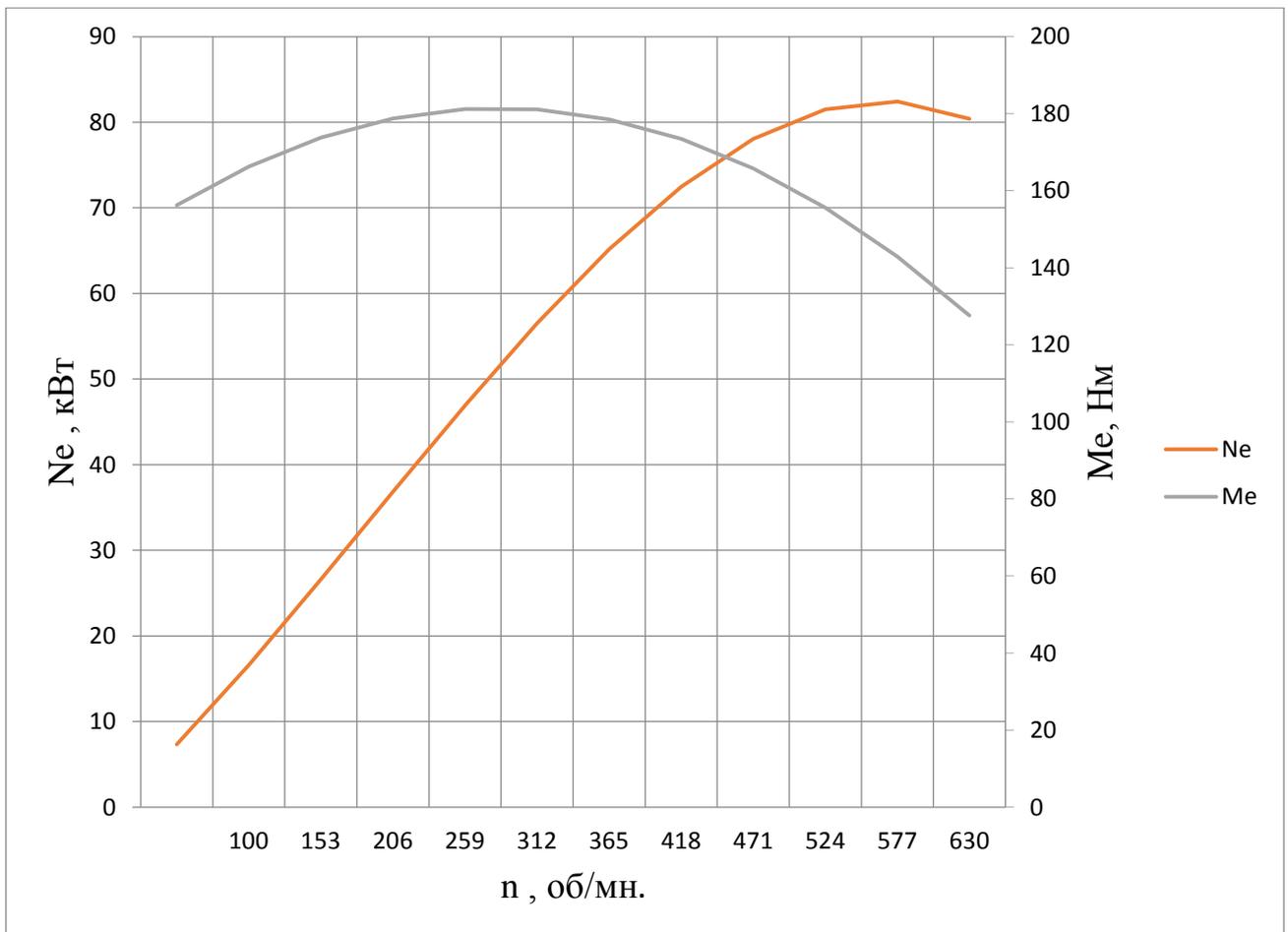


Рис. 24- ВСХ двигателя

6.3 Расчёт передаточных чисел трансмиссии

6.3.1 Определение передаточного числа главной передачи

«Передаточное число главной передачи U_0 определяется исходя из максимальной скорости автомобиля.» [16]

$$U_0 = \frac{r_k}{U_k} \times \frac{\omega_{\max}}{V_{\max}} \quad (10)$$

« ω_{\max} – максимальная угловая скорость коленчатого вала двигателя.

U_k – передаточное число высшей передачи в коробке передач, на которой обеспечивается максимальная скорость автомобиля.» [16]

$$U_0 = \frac{0,2906}{0,78} \times \frac{630}{48,06} = 4.88$$

6.3.2 Определение передаточных чисел коробки передач

«Для обеспечения возможности движения автомобиля при заданном максимальном дорожном сопротивлении тяговая на ведущих колесах P_T должна быть больше силы сопротивления дороги P_d , т.е.» [16]

$$U_1 \geq \frac{G_a \times \psi_{max} \times r_k}{M_{max} \times \eta_{тр} \times U_0} \quad (11)$$

« M_{max} – максимальный эффективный момент двигателя, Нм» [16]

$\psi_{max} = \alpha_{max} + f_0 = 0.32 + 0.014 = 0.334$ – «максимальный коэффициент сопротивления дороги» [16]

$$U_1 \geq \frac{15646 \times 0.334 \times 0.2906}{181 \times 0.92 \times 4.88} \geq 1.87$$

«Во избежание буксования ведущих колес тяговая сила на первой передаче должна быть меньше силы сцепления колес с дорогой:» [16]

$$U_1 \leq \frac{G_{сц} \times \varphi \times r_k}{M_{max} \times \eta_{тр} \times U_0} \quad (12)$$

$G_{сц} = m_1 * G = 0.9 * 15646 = 14082$ Н – вес сцепления автомобиля с дорогой автомобиля;

« $\varphi = 0.8$ – коэффициент сцепления ведущих колес с дорогой (сухое асфальтовое шоссе в хорошем состоянии).» [16]

$$U_1 \leq \frac{14082 \times 0.8 \times 0.2906}{181 \times 0.92 \times 4.88} \leq 4.02$$

Примем $U_1 = 3.9$ и найдём передаточные числа остальных передач

$$U_{II} = 1.98 \quad (14)$$

$$U_{III} = 1.405 \quad (15)$$

$$U_{IV} = 0.98 \quad (16)$$

$$UV = 0.78 \quad (17)$$

$$U_{3x} = 1.3 * U_1 = 1.3 * 3,9 = 5.07 \quad (18)$$

«В соответствии с принятыми числами произведем расчет скорости автомобиля на разных передачах:»[16]

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

Результаты запишем в таблицу 2.

Таблица 2.

n, об/мин	Скорость на передаче, м/с				
	I	II	III	IV	V
955	1,53	3,01	4,23	6,1	7,63
1461	2,33	4,61	6,48	9,34	11,67
1967	3,14	6,21	8,72	12,57	15,71
2473	3,95	7,8	10,97	15,81	19,76
2979	4,76	9,4	13,21	19,04	23,8
3486	5,57	11	15,45	22,28	27,84
3992	6,38	12,59	17,7	25,51	31,89
4498	7,19	14,19	19,94	28,74	35,93
5004	7,99	15,79	22,19	31,98	39,97
5510	8,8	17,39	24,43	35,21	44,02
6016	9,61	18,98	26,68	38,45	48,06

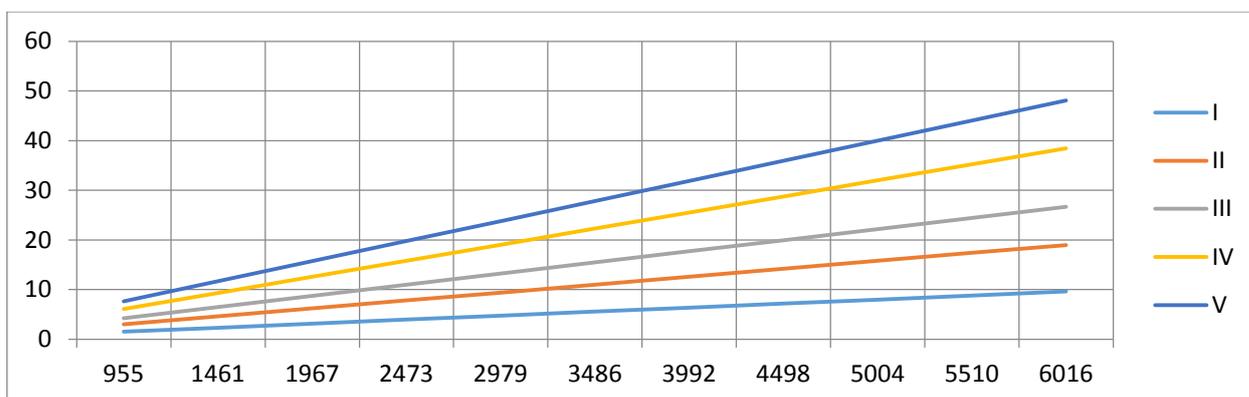


Рисунок 25 – Отношение скорости и передаточного числа автомобиля

6.4 Исследования тяговой динамики

6.4.1 Тяговый баланс автомобиля

«Сила тяги на ведущих колесах автомобилей, в зависимости от скорости автомобиля, для каждой передачи:» [16]

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

«При движении автомобиль приобретает силу сопротивления воздуха, которую определяют по формуле:»[16]

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

Сила сопротивления качению:

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

«Суммарная сила сопротивления движению автомобиля:»[16]

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

Результаты запишем в таблицу 3 и 4.

n, об/мин	Тяговая сила на ведущих колесах на передаче, Н					Сила сопротивления на V передаче, Н		
	I	II	III	IV	V	P _B	P _D	P _Σ
955	10025, 3	5076,5 1	3612,4 27	2506,3 3	1844,6 9	26,88	193,23	220,11
1461	10478, 37	5305,9 27	3775,6 8	2619,5 9	1928,0 2	62,88	200,55	263,43
1967	10778, 97	5458,1 44	3883,9 96	2694,7 4	1983,3 8	113,95	210,93	324,88
2473	10927, 11	5533,1 6	3937,3 78	2731,7 8	2010,6 3	180,27	224,42	404,69
2979	10922, 8	5530,9 75	3935,8 23	2730,7 9	2009,7 9	261,52	240,94	502,46
3486	10766, 03	5451,5 89	3879,3 32	2691,5 1	1980,9 6	357,83	260,53	618,36
3992	10456, 79	5295,0 03	3767,9 06	2614,2 4	1924,0 4	469,52	283,24	752,76
4498	9995,0 99	5061,2 15	3601,5 43	2498,7 7	1839,1 4	596,02	308,96	904,98
5004	9380,9 47	4750,2 27	3380,2 45	2345,2 4	1726,1 4	737,58	337,75	1075,3 3
5510	8614,3 35	4362,0 38	3104,0 11	2153,5 8	1585,0 4	894,63	369,68	1264,3 1
6016	7695,2 64	3896,6 48	2772,8 42	1923,8 2	1415,9 6	1066,3 8	404,61	1470,9 9

Таблица 3.

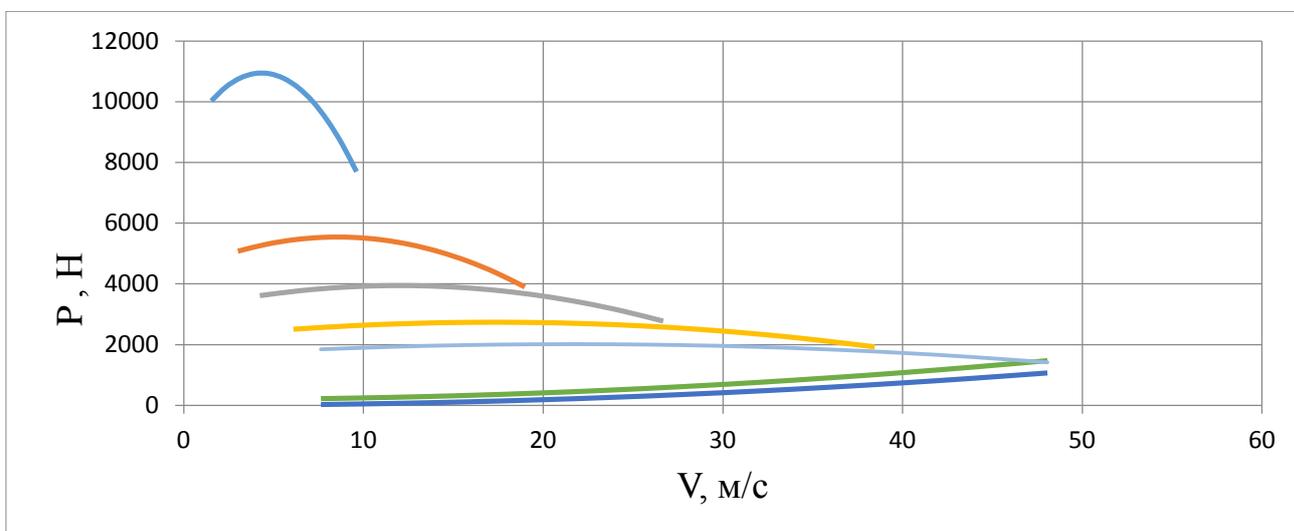


Рисунок 26 – Силовой баланс

I		II		III		IV		V	
V, м/с	P _B								
1,53	1,08	3,01	4,18	4,23	8,26	6,1	17,18	7,63	26,88
2,33	2,51	4,61	9,81	6,48	19,39	9,34	40,28	11,67	62,88
3,14	4,55	6,21	17,8	8,72	35,11	12,57	72,95	15,71	113,95
3,95	7,2	7,8	28,09	10,97	55,56	15,81	115,4	19,76	180,27
4,76	10,46	9,4	40,79	13,21	80,57	19,04	167,37	23,8	261,52
5,57	14,32	11	55,86	15,45	110,2	22,28	229,18	27,84	357,83
6,38	18,79	12,59	73,18	17,7	144,64	25,51	300,44	31,89	469,52
7,19	23,87	14,19	92,96	19,94	183,57	28,74	381,34	35,93	596,02
7,99	29,47	15,79	115,11	22,19	227,33	31,98	472,17	39,97	737,58
8,8	35,75	17,39	139,62	24,43	275,54	35,21	572,37	44,02	894,63
9,61	42,64	18,98	166,32	26,68	328,64	38,45	682,55	48,06	1066,38

Таблица 4.

6.4.2 Динамические характеристики автомобиля

«Динамическим фактором D автомобиля называют отношение разности силы тяги и силы сопротивления воздуха к весу автомобиля:»[16]

$$D = \frac{P_T - P_B}{G_a} \quad (24)$$

Результаты определения динамического фактора и коэффициентов сопротивления качению записаны в таблицу 5.

Таблица 5.

п, об/м ин	Динамический фактор D на передаче					Коэффициент сопротивления f				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
955	0,640 7	0,324 2	0,230 3	0,1591	0,1162	0,03	0,03	0,03	0,03 1	0,031
1461	0,669 5	0,338 5	0,240 1	0,1648	0,1192	0,03	0,03	0,03 1	0,03 1	0,032
1967	0,688 6	0,347 7	0,246	0,1676	0,1195	0,03	0,031	0,03 1	0,03 3	0,034
2473	0,697 9	0,351 8	0,248 1	0,1672	0,117	0,03	0,031	0,03 2	0,03 4	0,036
2979	0,697 4	0,350 9	0,246 4	0,1638	0,1117	0,03 1	0,032	0,03 3	0,03 6	0,039
3486	0,687 1	0,344 8	0,240 9	0,1574	0,1037	0,03 1	0,032	0,03 4	0,03 8	0,042
3992	0,667 1	0,333 7	0,231 6	0,1479	0,093	0,03 1	0,033	0,03 5	0,04	0,046
4498	0,637 3	0,317 5	0,218 4	0,1353	0,0794	0,03 1	0,033	0,03 6	0,04 3	0,05
5004	0,597 7	0,296 2	0,201 5	0,1197	0,0632	0,03 1	0,034	0,03 8	0,04 6	0,054
5510	0,548 3	0,269 9	0,180 8	0,1011	0,0441	0,03 1	0,035	0,03 9	0,04 9	0,059
6016	0,489 1	0,238 4	0,156 2	0,0793	0	0,03 2	0,036	0,04 1	0,05 2	0,065

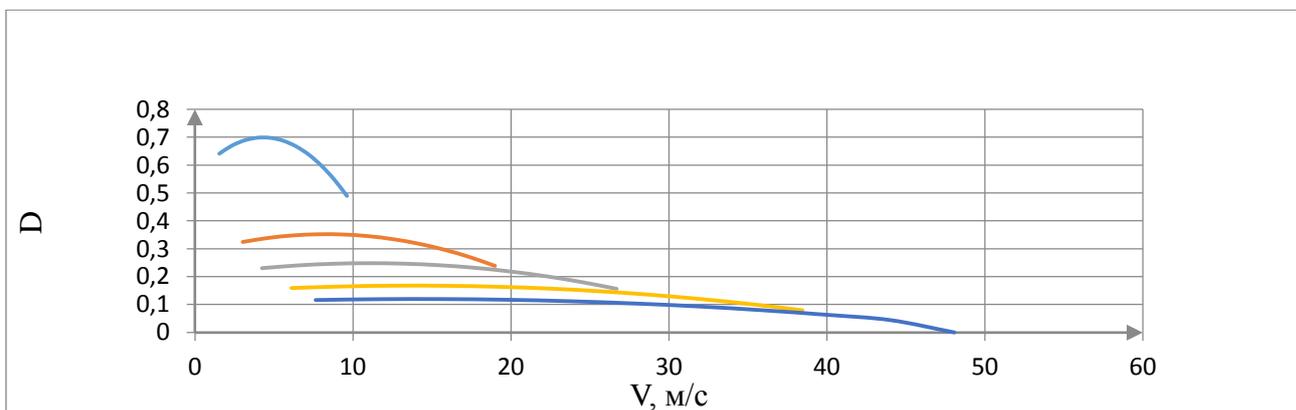


Рисунок 27 – Динамический фактор

6.5. Исследования динамики разгона

6.5.1 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. Ускорение находят:» [16]

$$J = \frac{(D-f) \times g}{\delta_{\text{вр}}}, \text{ где} \quad (25)$$

$$\delta_{\text{вр}} = 1 + \frac{(I_M \times \eta_{\text{тр}} \times U_{\text{тр}} + I_k) \times g}{G_a \times r_k^2}, \text{ где} \quad (26)$$

« I_M – момент инерции вращающихся деталей двигателя;

$U_{\text{тр}} = U_0 * U_k$ – передаточное число трансмиссии; (27)

I_k – суммарный момент инерции ведущих колес.» [16]

«Если точное значение I_M и I_k неизвестно то, $\sigma_{\text{вр}}$ определяют по формуле:» [15]

$$\delta_{\text{вр}} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 * U_{2к}); \text{ где} \quad (28)$$

« U_k – передаточное число коробки передач на данной передачи

δ_1 – коэффициент учета вращающихся масс колес

δ_2 – коэффициент учета вращающихся масс двигателя:» [16]

$$\delta_1 = \delta_2 = 0.03 - 0.05 \quad (29)$$

«Результаты расчетов на каждой передаче коэффициентов учета
вращающихся масс:»[16]

I передача - $\delta_{вр} = 1.81$

II передача - $\delta_{вр} = 1.25$

III передача - $\delta_{вр} = 1.15$

IV передача - $\delta_{вр} = 1.1$

V передачи - $\delta_{вр} = 1.08$

Результаты ускорений и обратных ускорений $1/j$ записаны в таблицу 6.

n, об/м ин	Ускорение на передачи m/c^2 :					Величина, обратная ускорению на передаче, c^2/m :				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
955	3,308	2,317	1,709	1,152	0,78 1	0,30 2	0,43 2	0,58 5	0,86 8	1,28
1461	3,464	2,43	1,793	1,203	0,80 8	0,28 9	0,41 2	0,55 8	0,83 1	1,238
1967	3,568	2,502	1,843	1,228	0,81 1	0,28	0,4	0,54 3	0,81 4	1,233
2473	3,618	2,534	1,861	1,225	0,78 8	0,27 6	0,39 5	0,53 7	0,81 6	1,269
2979	3,615	2,527	1,847	1,194	0,74 8	0,27 7	0,39 6	0,54 1	0,83 8	1,351
3486	3,56	2,479	1,8	1,137	0,66 8	0,28 1	0,40 3	0,55 6	0,88	1,497
3992	3,451	2,392	1,72	1,052	0,57 8	0,29	0,41 8	0,58 1	0,95 1	1,754
4498	3,29	2,264	1,607	0,94	0,44 7	0,30 4	0,44 2	0,62 2	1,06 4	2,237
5004	3,075	2,096	1,463	0,8	0,3 8	0,32 5	0,47 7	0,68 4	1,25	3,333
5510	2,807	1,889	1,286	0,634	0,12 6	0,35 6	0,52 9	0,77 8	1,57 7	5,3
6016	2,487	1,641	1,076	0,439	- 0,27 4	0,40 2	0,60 9	0,92 9	2,27 8	-3,65

Таблица 6.

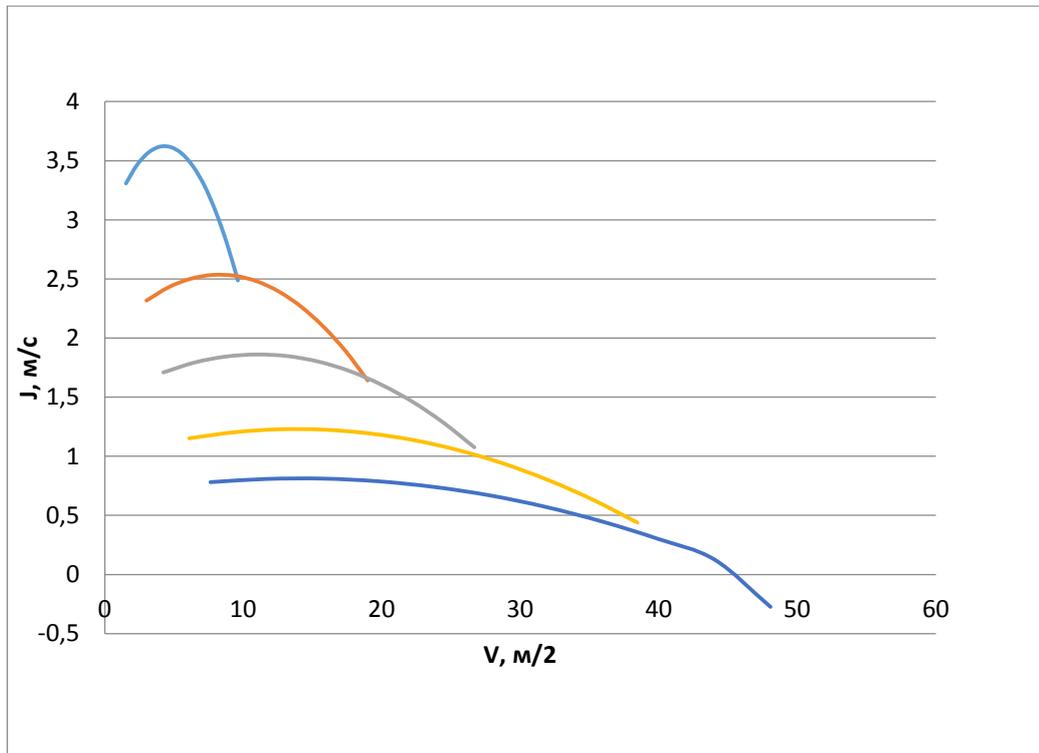


Рисунок 28 – Ускорение автомобиля

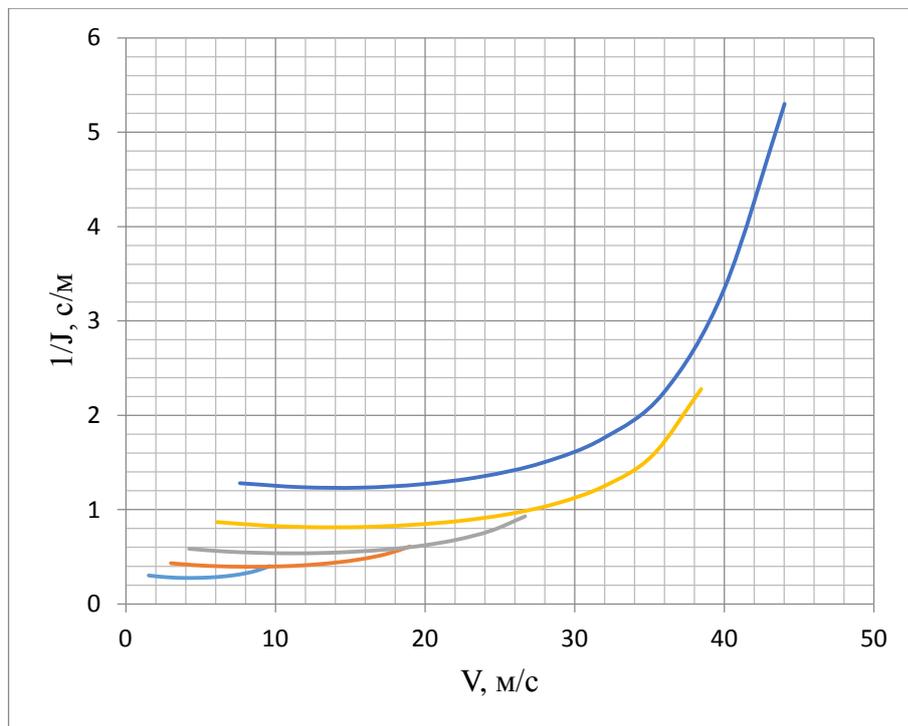


Рисунок 29 – Обратные ускорения

«Время и путь разгона автомобиля определяем графоаналитическим способом. Интегрирование заменяем суммой конечных величин.»[16]

$$\Delta t = \int_{V_1}^{V_2} \frac{1}{j} \times dV \approx \left(\frac{1}{j_{cp}} \right) \times (V_2 - V_1) \quad (30)$$

Результаты расчетов записаны в таблицах 7.

Таблица 7

V	t	1/J	ΔS	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	54,242	2,7	496,8	916,8

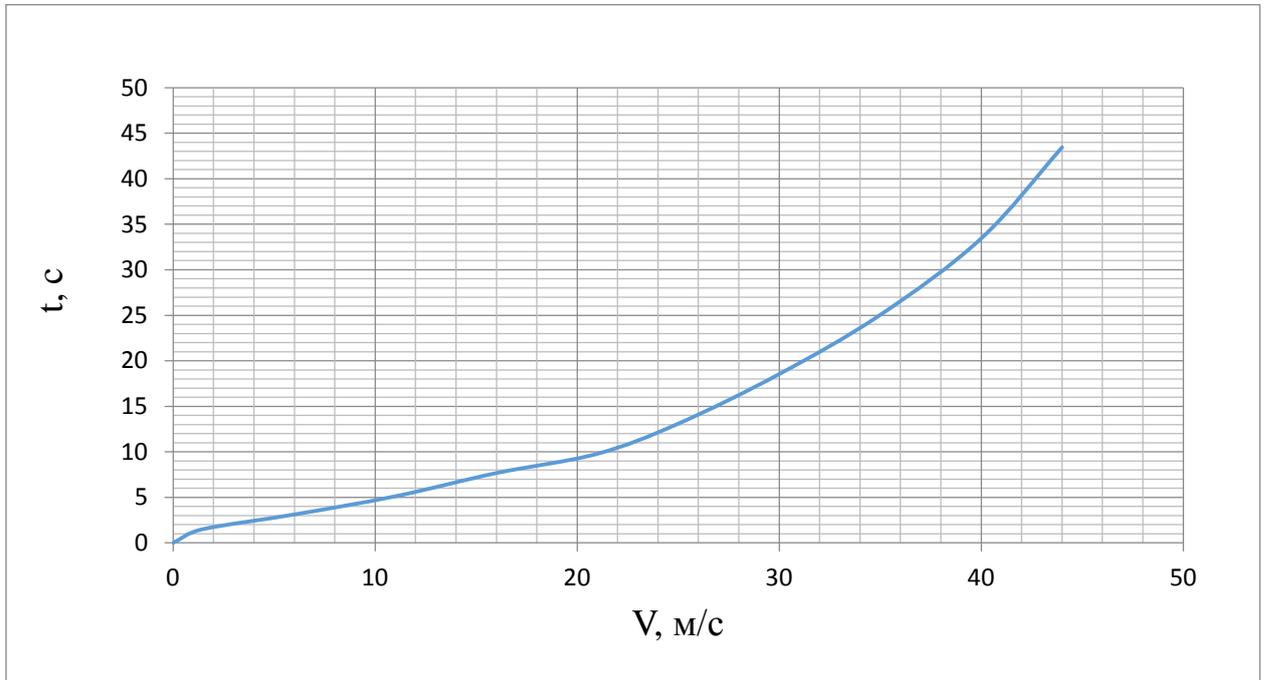


Рисунок 30 – Время разгона

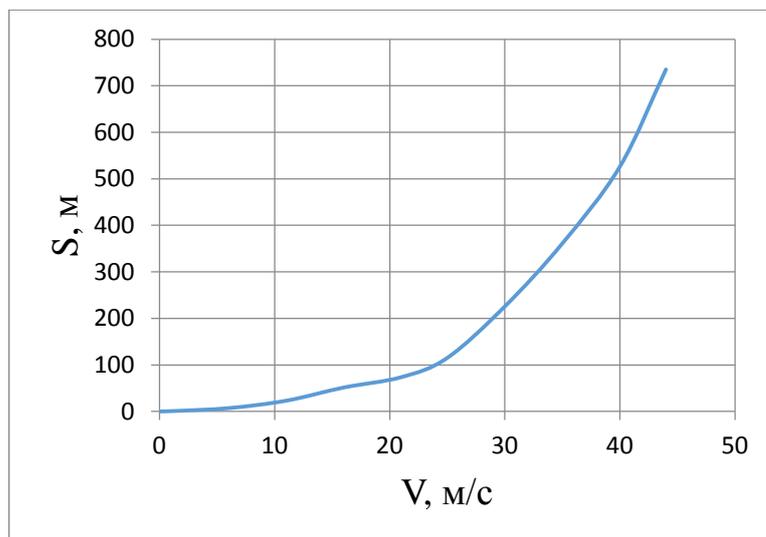


Рисунок 31 – Путь разгона

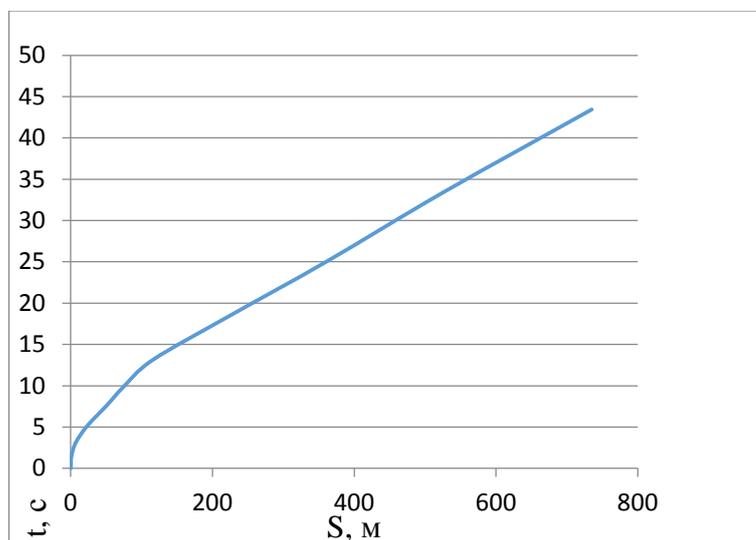


Рисунок 32 – Путь разгона

6.6 Мощностной баланс автомобиля

$$N_T = N_e - N_{тр} = N_f + N_{п} + N_{в} + N_{и}, \text{ где} \quad (31)$$

« $N_T = N_e * \eta_{тр}$ –тяговая мощность, или мощность, подаваемая к ведущим колесам;» [16]

« $N_{тр}$ – мощность, теряемая в агрегатах трансмиссии;» [16]

« $N_f = R_{п} * V$ – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления качению колес; [16]

« $N_{п} = R_{п} * V$ – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления подъему;» [16]

« $N_B = P_B * V$ – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления воздуха;» [16]

« $N_I = P_I * V$ – мощность, затраченная на преодоление силы инерции автомобиля;» [16]

« $N_D = P_D * V = N_f + N_p$ – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления дороги.» [16]

Результаты расчетов запишем в таблицу 8.

Таблица 8.

V max	7,63	11,67	15,71	19,76	23,8	27,84	31,89	35,93	39,97	44,02	48,06
Ne	16,63	26,59	36,82	46,93	56,52	65,17	72,49	78,07	81,52	82,43	80,4
Nt	15,3	24,46	33,87	43,18	52	59,96	66,69	71,82	75	75,84	73,97
N _B	0,205 094	0,733 81	1,790 155	3,562 14	6,224 18	9,961 987	14,97 299	21,41 5	29,48 107	39,38 161	51,25 022
N _D	1,474 345	2,340 419	3,313 71	4,434 54	5,734 37	7,253 155	9,032 524	11,10 09	13,49 987	16,27 331	19,44 556
N _B +N _D	1,679 439	3,074 228	5,103 865	7,996 67	11,95 85	17,21 514	24,00 552	32,51 59	42,98 094	55,65 493	70,69 578
(N _B +N _D)/N _t	0,109 767	0,125 684	0,150 69	0,185 19	0,229 97	0,287 11	0,359 957	0,452 74	0,573 079	0,733 847	0,955 736

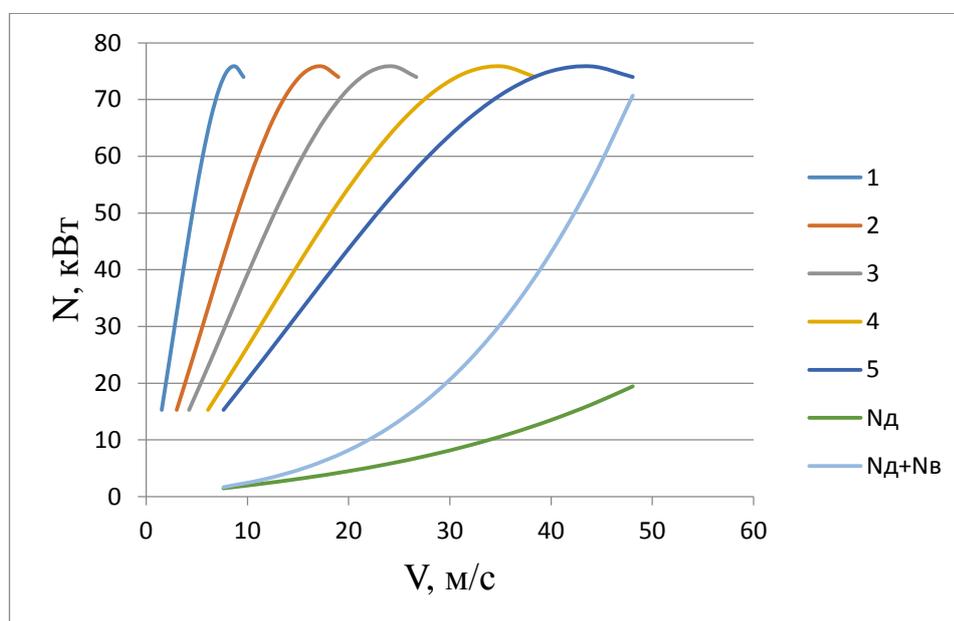


Рисунок 33 - Мощностной баланс автомобиля на различных передачах

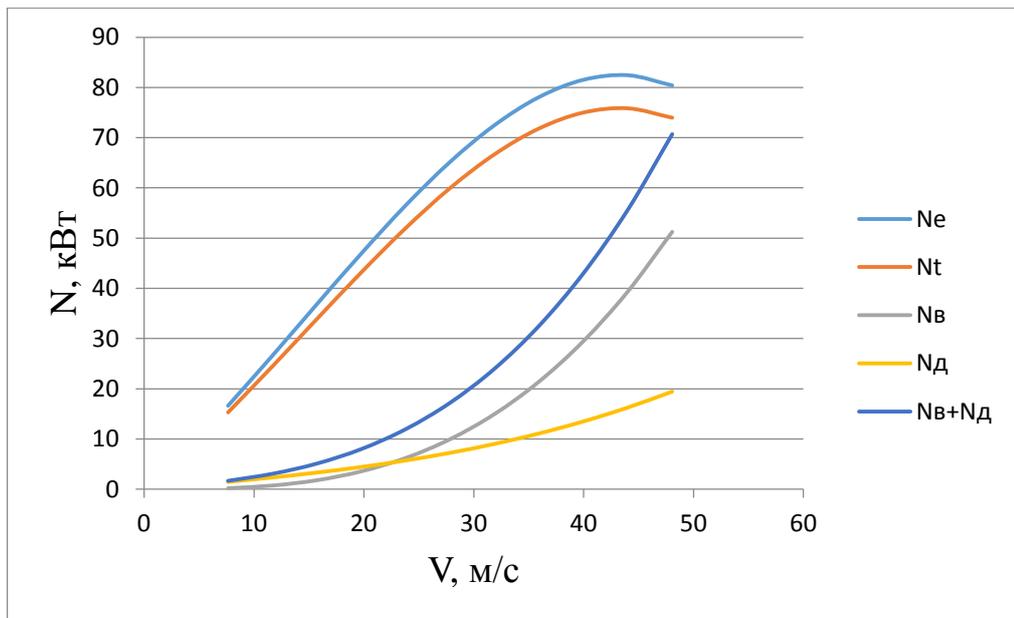


Рисунок 34

6.7 Топливо–экономическая характеристика автомобиля

«Для получения топливо-экономической характеристики следует рассчитать расход топлива при движении автомобиля на высшей передаче по горизонтальной дороге с заданными постоянными скоростями от минимально устойчивой до максимальной.»[16]

Путевой расход топлива:

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

« $k_{ск}$ – коэффициент, учитывающие соответственно изменения эффективного расхода топлива в зависимости от ω_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.» [16]

Рассчитанные данные запишем в таблицу 9.

Таблица 9.

V	15,71	19,76	23,8	27,84	31,89	35,93	39,97
$k_{и}$	1,35	1,3	1,2	1,12	1	0,98	0,8
И	0,15069	0,185194	0,229972	0,28711	0,35996	0,452742	0,573079
$k_{ск}$	1,1	0,95	0,88	0,8	0,79	0,8	0,9
ω_e/ω_N	0,362676	0,455986	0,549296	0,64261	0,73592	0,829225	0,922535
g_n	7,462904	7,731217	8,207744	8,57053	9,19903	10,97523	11,97658

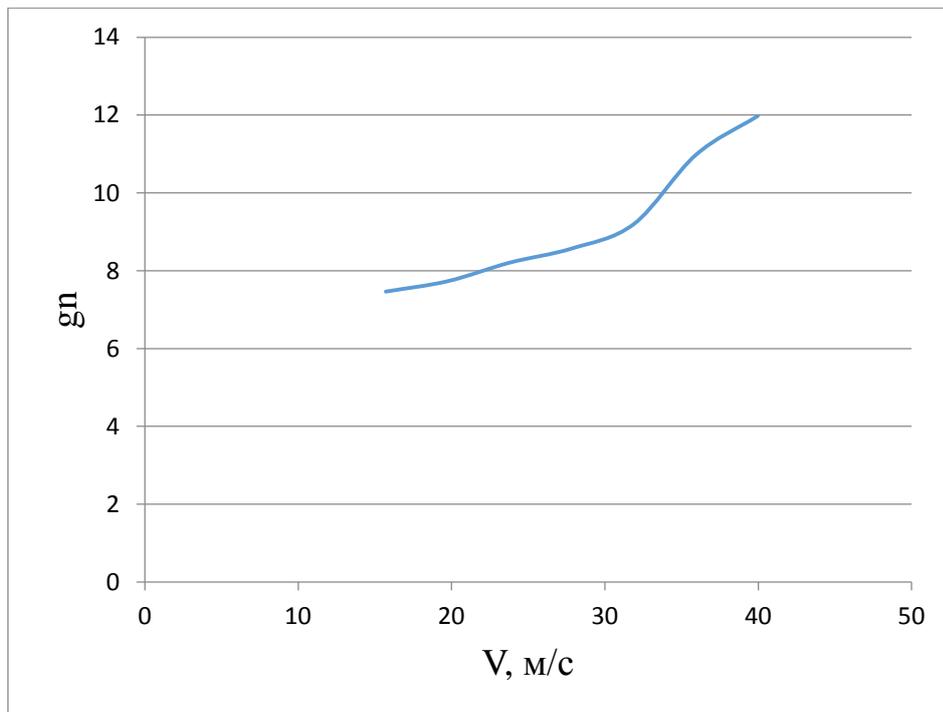


Рисунок 35 - Топливо-экономическая характеристика автомобиля

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте был спроектирован и создан стенд, для определения коэффициента аэродинамического сопротивления модели автомобиля, он имеет возможность наглядно показывать учащимся, как изменение формы автомобиля влияет на коэффициент аэродинамического сопротивления. Так же был получен опыт проектирования аэродинамических труб, изучены проблемы и вопросы, возникающие в ходе проектирования данных стендов. В целом, задача данного проекта была достигнута в полной мере.

В разделе “Безопасность и экологичность объекта“ были рассмотрены возможные опасные факторы, такие как: пожароопасность, шум, механическая травмоопасность и опасность поражения электрическим током. Вышеуказанные факторы возникают при работе оператора на стенде, их влияния на организм человека, в случае не соблюдения правил безопасности, пагубно сказываются на организме человека, поэтому были приняты меры по снижению данных факторов. Принятые меры позволяют максимально безопасно проводить работу на данном стенде.

В разделе «Экономическая эффективность» была проведена работа по расчету себестоимости изготовленного стенда, показавшая, что его срок окупаемости составляет менее 1 года, по нормативу он составляет 3 года. Это говорит о том, что данное мероприятие является удачным.

В разделе «Тяговый расчёт» были произведены следующие расчёты: тяговый расчёт и топливно–экономическая характеристика автомобиля. В ходе расчётов, был закреплён опыт проведения тягового расчёта автомобиля.

Данный стенд, является учебным, исследовательская работа на реальных моделях автомобиля будет давать искажённые значения. Использовать данный стенд будет для проведения лабораторных работ 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/> (дата обращения 03.05.2020)
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. – 355 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. Туманова Н.И. Курс лекций по дисциплине «Электробезопасность»// Владимирский государственный университет

имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
[Электронный ресурс] URL:

http://www.vlsu.ru/op/fileadmin/Programmy/Bacalavr_academ/20.03.01/Metod_doc/15-16/Metod_EB_20.03.01_04052016_lk..pdf (дата

обращения:05.06.2020)

14. Финченко, Н.И. Испытание автомобилей и тракторов / Н.И. Финченко – М.: Машиностроение, 2017. – 173 с.

15. Цимбалин, В.Б. Испытание автомобилей / В.Б. Цимбалин – М.: Машиностроение, 1978. – 199 с.

16. Черепанов, Л.А. Тяговый расчет автомобиля, / Л.А. Черепанов - Тольятти, 2001

17. Automotive Wind Tunnels. [Электронный ресурс]
URL: <https://www.autoevolution.com/news/automotive-wind-tu..> (дата
обращения 05.04.2020)

18. 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.

19. Jewel B. Barlow, William H. Rae, Alan Pope Low-Speed Wind Tunnel Testing. – Wiley: 1999. – 713.

20. Jordan Michael Towels High Speed Subsonic Wind Tunnel Design - San Jose State University, 2014 – 62.

21. Joseph Katz, Race Car Aerodynamics: Designing for Speed (Engineering and Performance)/ Joseph Katz - USA, 1995 - 279 p.