

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

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

(институт)
Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль))

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

на тему: **Анализ внешней аэродинамики спортивного автомобиля класса
«Формула Студент»**

Студент(ка)	Д.А. Мальцев <hr/> <small>(И.О. Фамилия)</small>	<hr/> <small>(личная подпись)</small>
Руководитель	А.В. Бобровский <hr/> <small>(И.О. Фамилия)</small>	<hr/> <small>(личная подпись)</small>
Консультанты	А.В. Бобровский <hr/> <small>(И.О. Фамилия)</small>	<hr/> <small>(личная подпись)</small>
	Л.Л. Чумаков <hr/> <small>(И.О. Фамилия)</small>	<hr/> <small>(личная подпись)</small>
	А.Н. Москалюк <hr/> <small>(И.О. Фамилия)</small>	<hr/> <small>(личная подпись)</small>
Нормоконтроль	А.Г. Егоров <hr/> <small>(И.О. Фамилия)</small>	<hr/> <small>(личная подпись)</small>

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент А.В. Бобровский
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« ____ » июня 2016г.

Тольятти 2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой «Проектирование и
эксплуатация автомобилей»
_____ А.В. Бобровский
«02» февраля 2016 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Мальцев Дмитрий Алексеевич

1. Тема Анализ внешней аэродинамики спортивного автомобиля класса «Формула Студент»

2. Срок сдачи студентом законченного проекта « 01 » июня 2016 г.

3. Исходные данные к дипломному проекту: кол. формула 4×2; число мест 1; снаряжённая масса $m_0 = 240\text{кг}$; коэффициент сопротивления качению $f_0 = 0,02$; максимальная скорость $V_{\text{max.}} = 160\text{км/ч}$ ($44,44\text{м/с}$); коэфф. аэродинамического сопротивления $C_x = 0,34$; величина максимального преодолеваемого уклона $i = 0,34$; КПД трансмиссии $\eta_{\text{тг}} = 0,93$; тип и размерность колеса: 205/510R13.

Цель проекта: : Анализ внешней аэродинамики спортивного автомобиля класса «Формула Студент»

4. Содержание дипломного проекта (перечень подлежащих разработке вопросов):

Аннотация

Введение

1. Состояние вопроса

1.1. Назначение агрегата или системы

1.2. Требования, предъявляемые к конструкции агрегата или системы.

1.3. Классификация конструкций агрегата или системы

1.4. Обзор и тенденции развития конструкции агрегата или системы.

1.5. Выбор и обоснование принятого варианта конструкции (предварительное).

2. Защита интеллектуальной собственности

(предусмотрено/не предусмотрено) Руководитель _____

3. Конструкторская часть

3.1. Тягово-динамический расчет автомобиля

3.2. Выбор компоновочной схемы объекта.

3.3. Кинематические, динамические и др. расчеты.

- 3.4. Выбор деталей, подлежащих расчету, определение нагрузочных режимов.
3.5. Расчет деталей (на прочность, износостойкость, нагрев и т.п.) и выбор материалов деталей.
3.6. Разработка вспомогательных механизмов (для охлаждения, обогрева, смазки, защиты от загрязнений, сигнализации предельного значения параметра и т.д.).

4. Технологическая /Исследовательская часть: исследовать внешнюю аэродинамику спортивного автомобиля класса «Формула Студент»

5. Анализ экономической эффективности объекта: расчет затрат на НИОКР

6. Безопасность и экологичность технического объекта: разработка мероприятий по обеспечению требований охраны труда на участке исследования внешней аэродинамики спортивного автомобиля класса «Формула Студент»

Заключение

Список литературы

Приложения: - **Графики тягово-динамического расчета**
- **Спецификации**

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала:

Автомобиль. Общий вид. 1 лист ф. А1

Графики тягово-динамического расчета 1 лист ф. А1

Сборочные чертежи листов формата

Детализация листов формата А1

Технологическая схема сборки разрабатываемого узла 1 лист ф. А1

Показатели экономической эффективности объекта 1 лист ф. А1

6. Консультанты по разделам

Исследовательская часть _____ /А.В.

Бобровский/

Анализ экономической эффективности объекта _____ /Л.Л. Чумаков/

Безопасность и экологичность технического объекта

_____ /А.Н. Москалюк/

7. Дата выдачи задания «02» февраля 2016 г.

Руководитель выпускной
квалификационной работы

_____ А.В. Бобровский

Задание принял к исполнению

_____ Д.А. Мальцев

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ
Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой «Проектирование
и эксплуатация автомобилей»
_____ А.В. Бобровский
(подпись) (И.О. Фамилия)

«02» февраля 2016г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения дипломного проекта

Студента Мальцева Дмитрия Алексеевича
по теме Анализ внешней аэродинамики спортивного автомобиля класса
«Формула Студент»

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
1. Состояние вопроса	14.04.2016			
2. Тяговый расчет	14.04.2016			
3. Патентное исследование	20.04.2016			
4. Расчет проектируемого механизма	25.04.2016			
5. Чертежи деталей механизмов и узлов	25.04.2016			
6. Технологическая часть	25.04.2016			
7. Экономическая часть	30.04.2016			
8. Безопасность и экологичность объекта	30.04.2016			
9. Сдача готовых ВКР на предварительную проверку	04.05.2016			
10. Предварительная защита	01.06.2016			

Руководитель дипломного проекта

_____ (подпись)

А.В. Бобровский

_____ (И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

_____ (подпись)

Д.А. Мальцев

_____ (И.О. Фамилия)

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	9
1.Состояние вопроса	11
1.1 Назначение аэродинамического обвеса	11
1.2 Требования предъявляемые к аэродинамическим обвесам	12
1.3 Классификация и применяемость аэродинамических обвесов	15
1.4 Обзор и тенденции развития конструкции аэродинамического обвеса.....	17
1.5 Выбор и обоснование принятого варианта конструкции аэродинамического обвеса	27
2 Защита интеллектуальной собственности	29
3 Конструкторская часть	30
3.1 Тягово-динамический расчет.....	30
3.2 Подготовка исходных данных для тягового расчета	31
3.3 Расчет внешней скоростной характеристики (ВСХ) двигателя.....	32
3.4 Определение передаточного числа главной передачи	33
3.5 Силовой баланс автомобиля	34
3.6 Динамическая характеристика автомобиля	36
3.7 Разгон автомобиля	37
3.8 Время и путь разгон.....	39
3.9 Мощностной баланс автомобиля.....	42
3.10 Расчет топливно-экономической характеристики автомобиля.....	45
4 Исследовательская часть	47
4.1Выбор предмета исследования	47
4.2 Выбор компоновочной схемы аэродинамического обвеса.....	47
4.3 Условия проведения исследования	48
4.4 Исследование антикрыла	49
4.5 Анализ диффузора	50
4.6 Анализ переднего антикрыла.....	52
4.7 Анализ заднего антикрыла.....	54
5 Безопасность и экологичность проекта	56

5.1	Описание рабочего места, оборудования и выполняемых технологических операций.....	56
5.2	Опасные и вредные факторы, имеющие место при выполнении исследовательской работы	57
5.2.1.	Шум	57
5.2.2	Климатические условия.....	57
5.2.3	Поражение электрическим током.....	58
5.2.4	Взрыво- и пожароопасность	58
5.3	Электромагнитное и ионизирующее излучения.....	59
5.4	Мероприятия по созданию безопасных условий труда	60
5.4.1.	Организационные мероприятия.....	60
5.4.2.	Планировочные мероприятия.....	61
5.4.3.	Технические мероприятия	61
5.4.4	Эргономические требования к рабочему месту.....	62
5.5	Обеспечение электробезопасности на рабочем месте	67
5.6	Обеспечение пожарной безопасности на производственном участке, рабочем месте	67
5.7	Экологическая экспертиза разрабатываемого объекта.....	68
5.8	Инженерные расчёты.....	68
5.9	Безопасность объекта при аварийных и чрезвычайных ситуациях....	70
5.10	Нормативы	71
6	Экономическое обоснование проекта	73
6.1	Цель проекта.....	73
6.2	Анализ изменяющихся показателей	73
6.3	Перечень стадий и этапов выполнения НИОКР	74
6.4	Определение суммарной длительности НИР, и нарастание технической готовности по этапам	76
6.5	Расчет сметы затрат на НИОКР.....	78
6.6	Расчет затрат на производство изделия.....	84
6.7	Исходные данные для расчёта затрат в производстве	84
6.8	Расчёт суммарной себестоимости изготовления ненужных деталей .	85
6.9	Расчёт суммарной себестоимости покупных изделий, применяемых в	

новой конструкции.....	86
6.10 Расчёт цеховой себестоимости изготовления новых деталей.....	87
6.11 Себестоимость цеховая изготовления проектируемого кузова.....	88
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	90
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	91
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	93
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	102

АННОТАЦИЯ

дипломного проекта

студента Тольяттинского государственного университета

Мальцева Д.А.

«Анализ внешней аэродинамики спортивного автомобиля класса «Формула Студент»»

В данном дипломном проекте на тему «Анализ внешней аэродинамики спортивного автомобиля класса «Формула Студент»» произведен анализ и расчёт аэродинамического обвеса спортивного автомобиля, с целью улучшения динамичности и экономичности спортивного болида. Для оценки представленной конструкции будет проведено технико-экономическое обоснование проекта, тягово-динамический и прочностной расчеты.

Для более полного ознакомления с возможностями данной модификации определены, тяговый баланс, мощностной баланс, динамический фактор, время и путь разгона, топливная экономичность. В экономической части проведена оценка конструкторских показателей надежности и долговечности, определена производственная стоимость аэродинамического обвеса.

В проекте разработаны мероприятия по обеспечению требований охраны труда на участке исследования внешней аэродинамики спортивного автомобиля.

ВВЕДЕНИЕ

Формула SAE, более известная в Европе как Формула Студент – это студенческие инженерные соревнования, изначально организованные Сообществом Автомобильных Инженеров (Society of Automotive Engineers, SAE) и входящие в Серию Студенческих Инженерных соревнований (Collegiate Design Series) SAE.

По замыслу соревнований команда студентов университета является инженерной компанией, которая должна разработать, построить, испытать прототип автомобиля формульного класса для рынка непрофессиональных гоночных автомобилей. Испытанием для команд является сама постройка болида, который сможет успешно пройти все дисциплины на соревнованиях. В отличие от обычных гонок, команды набирают очки в 8 различных дисциплин, команда с наибольшим кол-вом очков, за все дисциплины в сумме, побеждает. Есть 3 статические дисциплины: отчет о стоимости, бизнес-презентация и защита конструкции. И 5 динамических дисциплин: ускорение, восьмерка, автокросс, топливная эффективность и гонка на выносливость, которая тестирует производительность машины и водителей на треке.

Эта оценочная система показывает, что успех - это тщательно сбалансированные все аспекты конструкции машины и процесс развития. Поэтому, для обеспечения конкурентоспособности производимых автомобилей, встаёт вопрос о повышении эффективности их использования и экономичности в эксплуатации. Для этого проводятся постоянные работы по совершенствованию конструкции и улучшению характеристик автомобиля, в том числе и аэродинамики.

Одним из направлений такой работы является поиск оптимального аэродинамического обвеса позволяющего направить воздушный поток таким образом, чтобы повысить прижимную силу автомобиля, тем самым, добиться

повышения показателей динамики, а так же снижения потребления топлива.

Целью данного дипломного проекта является анализ внешней аэродинамики спортивного автомобиля для повышения динамичности его работы при разгоне и экономичности при равномерном движении на высоких скоростях.

1. Состояние вопроса

1.1 Назначение аэродинамического обвеса

Основное назначение обвеса заключается в увеличении прижимной силы болида и правильном распределении набегающего потока для предотвращения потери контакта автомобиля с дорогой на высоких скоростях.

Второе и, пожалуй, самое главное, что дает автомобилю аэродинамический обвес – обтекаемость. Обтекаемость необходима для сведения к минимуму сопротивления с воздухом, которое возникает при разгоне автомобиля. Снижение сопротивления способствует не только более быстрому и легкому разгону, но и экономии топлива. Ведь именно для снижения сопротивления на спортивных автомобилях, участвующих в гонках, снимают боковые зеркала заднего вида. Так что преимущества, которые дает аэродинамический обвес, трудно недооценить.

К основным элементам аэродинамического обвеса относятся:

1. Спойлеры. Предназначены для отвода набегающего на автомобиль воздушного потока в нужных направлениях. Устанавливаются на бамперах, капоте, задней части крыши или багажника и на порогах автомобиля. Передние и боковые спойлеры гоночных машин имеют специальные воздуховоды для направления воздушных масс к тормозным механизмам для их дополнительного охлаждения.
2. Антикрыло. По своему профилю этот элемент обвеса аналогичен перевернутому авиационному крылу и служит для создания прижимной силы. Передняя кромка антикрыла имеет небольшой наклон к поверхности дорожного полотна, что позволяет в несколько раз увеличить действие прижимного момента. Устанавливается в задней части автомобиля.

3. Профилированные панели днища. Это защитные кожухи, которые закрывают выступающие элементы подвески и нижней части кузова для снижения встречного сопротивления и предотвращения неконтролируемой турбулентности воздушного потока под автомобилем.
4. Передний и задний бамперы. Они являются основой для закрепления спойлеров. Передний бампер защищает пространство под автомобилем от встречного воздушного потока. Задний – служит для грамотного отвода выходящих из-под днища воздушных масс и предотвращения образования позади машины зоны пониженного давления.

1.2 Требования предъявляемые к аэродинамическим обвесам

К аэродинамическому обвесу спортивного автомобиля класса «Формула Студента» предъявляют следующие требования:

- 1) обеспечение необходимых динамических и экономических качеств;
- 2) вибрационная устойчивость;
- 3) высокий коэффициент полезного действия (КПД);
- 4) высокая надежность и простое техническое обслуживание;
- 5) несложная конструкции и малозатратное изготовление, а также минимальный вес и определенные габаритные размеры.

Особые правила, касающиеся аэродинамики.

Чтобы использовать некоторый избыток доступной мощности, доступных в большинстве машин формулы SAE, чтобы генерировать повышенные уровни мощности через аэродинамические прижимные силы, требуется рассмотрение правил, касающихся таких устройств.

После того, как Корнелл использовал всасывающий вентилятор в 1990 году, установив рекорд в 1932г., использование силовых эффектов заземления было запрещено в Формуле SAE. Дальнейшее изменение правил гласило, что

только шины автомобиля могут касаться земли, которое фактически запрещало использование "проскальзывающей/скользящей юбки", чтобы запечатать днище, которое ограничивает перепад давлений, достигаемый с традиционным диффузором днища. В ответ на проблемы безопасности, правила также предусматривают, что любые «крылья» и их крепления не должны мешать выходу водителя. Расположение аэродинамических крыльев также ограничено вертикальной областью, определяемой от внешнего края шины задних шин и линии длиной в 460 мм вперед до передней части передних шин (см рис.1). Так как нет никакого правила относительно максимального размера крыла или площади поперечного сечения, то оно ограничивается выбранной колесной базой и шириной колеи (и наоборот, потенциально). Этот допустимый пакет эксплуатационных правил применим только к "крыльям". Это значит, что диффузоры и другие аэродинамические устройства могут использоваться за пределами этой выделенной области, это решается судьями. В 2002 году команде Монаша было разрешено установить диффузор, который закончился за пределами внешней поверхности задней шины.

Так как нет заявленного ограничения на вертикальную высоту крыла, то этот выбор становится, так называемым, компромиссом между минимизацией высоты центра тяжести (через низкое крепление) и максимизацией прижимной силы (путем высоко размещения крыла в чистом воздушном потоке). Эффект компонента силы сопротивления данного крыла на аэродинамический баланс автомобиля также может ограничить реалистичный монтажный диапазон высоты. Так как нет никаких ограничений по минимальной высоте крыла, то крыло должно быть сконструировано так, чтобы могло работать при оптимальном влиянии поверхности земли с передней части автомобиля, тем самым увеличивая свой максимальный коэффициент подъемной силы и улучшая свою подъемную силу до отношения сопротивления [5,6]. Также высоко и централизованно может быть установлено одно большое крыло, в стиле спринтерских

автомобилей или автомобилей А-модифицированного класса, при условии, что крыло не будет мешать выходу водителя из машины.

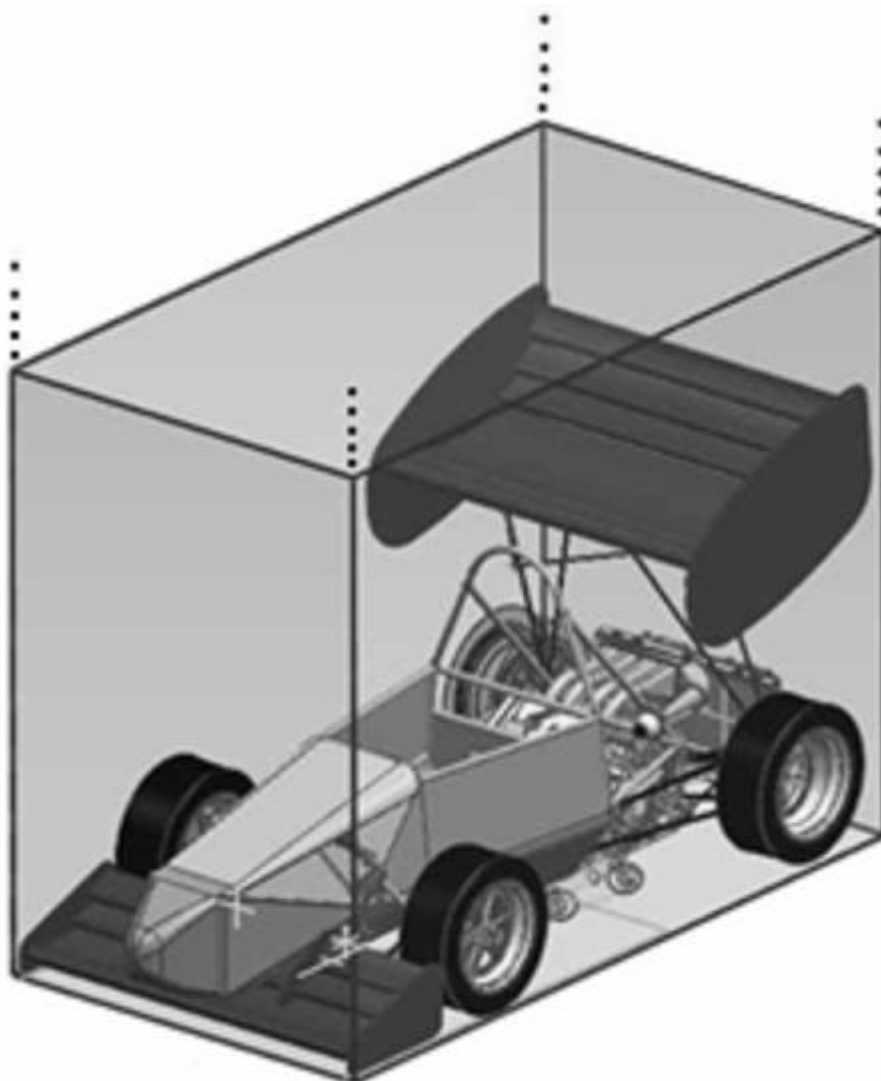


Рисунок 1 - Допустимая область для "крыльев" в Формуле SAE

Правила требуют, чтобы все элементы крыла имели ведущий радиус кромки равный как минимум 12.7мм, и задний радиус кромки равный как минимум 3.0мм, в связи с соображениями безопасности. Таким образом, значительная модификация доступных профилей крыльев (например тех, что перечислены в онлайн-базе UIUC) необходима для соблюдения данного постановления. Примеры данного процесса приведены в статье.

Одно главное отличие в правилах формулы SAE между другими формулами -

это то, что подвижные аэродинамические поверхности все еще разрешены в этом соревновании. Это означает, что крылья и другие устройства могут быть установлены 'не на рессорах' так, что прижимная сила может быть доставлена непосредственно к колесам, а не через "рессору" шасси. Таким образом механическое сцепление автомобиля не будет скомпрометировано высоким коэффициентом жесткости рессоры, необходимых для предотвращения шасси от "касания днища" под аэро нагрузкой. Эта система имеет дополнительное преимущество, позволяющее переднему крылу отслеживать почти постоянной клиренс, потому что оно находится под контролем подвесного узла, который должен находиться в контакте с землей. Если в Формуле SAE используются аэродинамические устройства, их параметры могут быть скорректированы для отдельных событий, но оптовые удаление или добавление компонентов не допускается. Некоторые возможности настройки производительности аэродинамического пакета, таким образом, считается предпочтительным, и может включать малое аэродинамическое сопротивление для ускорения, среднее и высокое - для автокросса и выносливости и максимальное значение прижимной силы для восьмерки и для гонок при мокрой погоде.

1.3 Классификация и применяемость аэродинамических обвесов

По своему функционалу аэродинамические обвесы можно разделить на два типа:

- АДО для гоночных автомобилей;
- АДО для серийных автомобилей.

На гоночных машинах присутствуют только основные элементы АДО, решающие задачи по уменьшению сопротивления, обеспечению надежного сцепления колес с дорогой и дополнительному охлаждению тормозов. Эти задачи становятся актуальными на сверхвысоких скоростях, которых могут

достигать лишь гоночные болиды на специальных трассах. Поэтому для спорткаров важна реальная эффективность АДО, а не внешний облик и индивидуальность.

Аэродинамический обвес для серийных автомобилей призван обеспечить привлекательный внешний вид машины, подчеркнуть «спортивность» и «мускулистость» модели, блеснуть яркими уникальными аксессуарами. Поэтому в комплект такого АДО включается множество дополнительных деталей, выгодно оттеняющих эксклюзивные особенности серийного образца. К ним относятся различные дефлекторы, решетки радиатора, накладки на основные и противотуманные фары, расширители крыльев, кожухи боковых зеркал высокой обтекаемости, ветрогоны боковых окон и т. п.

Обзор материалов для обвесов

АДО обычно изготавливают из следующих материалов:

- Стеклопластик. Самый дешевый и доступный материал, поэтому самодельные обвесы чаще всего делаются именно из него. Материал легко формуется, упруг, эластичен и ремонтпригоден. Недостаток — малая прочность.
- АБС-пластик. Обладает легкостью и прочностью, сохраняет неизменность свойств в широком температурном диапазоне, устойчив к воздействию солей, слабых кислот и щелочей, но «боится» растворителей и бензина. Детали обвеса изготавливаются из АБС-пластика методом литья. Этот материал используют тюнинг-ателье и производители оригинальных АДО.
- Полиуретан. Дорогой и качественный синтетический материал, не подверженный старению и имеющий только один недостаток — высокую стоимость. Из него производятся оригинальные обвесы для дорогих автомобилей премиум-класса и уникальные АДО по индивидуальным заказам.

- Карбон — углеродное волокно, скрепленное эпоксидными смолами. Сложный в производстве и очень дорогостоящий материал с самым высоким показателем по критерию «вес-прочность». Применяется в изготовлении эксклюзивных моделей АДО под заказ.

1.4 Обзор и тенденции развития конструкции аэродинамического обвеса.

Когда-то, на заре авиации, глядя на птиц, люди придумали крылья, чтобы подняться в небо. Прошли годы, и вот, усилиями человека крыльям нашли применение совершенно противоположное их "естественному" предназначению.

Рожденный ездить летать не должен - решили конструкторы гоночных автомобилей и оснастили свои машины... крыльями. Но поскольку крылья эти не помогали взлетать, а только сильнее придавливали машину к асфальту, они получили приставку "анти". Так появились антикрылья. Официально датой "рождения" антикрыла считается июнь 1968 г., когда на тренировке Большого Приза Бельгии в Спа дебютировала "оперившаяся" Ferrari 312 Мауро Форгьери. На деле же антикрылья появились несколько раньше. Еще до Второй мировой войны некоторые автомобили, принимавшие участие в заездах на установление рекордов скорости, оснащались некими прообразами современного антикрыла. И все-таки до конца 50-х годов о появлении антикрыльев в Формуле-1 не могло быть и речи. Переднемоторные машины не позволяли инженерам в полной мере экспериментировать с аэродинамикой, и многие конструкторы отводили совершенствованию аэродинамических характеристик автомобилей второстепенную роль, предпочитая больше внимания уделять повышению мощности моторов, совершенствованию подвески и т.д. Попыток "подчинить себе воздух" практически не предпринималось. Пожалуй, единственным всплеском в этом направлении был эксперимент инженеров Mercedes, в

случае удачи грозивший превратить Формулу-1 в еще один "кузовной" чемпионат. Речь идет о попытке штутгартцев в 1954 г. в целях уменьшения лобового сопротивления закрыть колеса машины обтекателями. В итоге получился своего рода гибрид спортивного автомобиля и болида Формулы-1. Однако, обладая рядом преимуществ, новинка Mercedes имела один существенный недостаток, предопределивший ее короткую жизнь: закрытые обтекателями передние колеса вызвали нарекания гонщиков, затруднив им маневрирование в поворотах.

Автомобиль-сигара.

Несмотря на провал, эксперимент инженеров Mercedes стал предвестником грядущих перемен. "Мертвый сезон" для специалистов по аэродинамике продолжался еще несколько лет, но уже к началу 60-х в Формуле-1 начался первый "аэродинамический бум". Все команды перешли к центральному расположению мотора, и на трассах чемпионата мира появилось новое аэродинамичное поколение машин - "автомобили-сигары". Получив, наконец, тот простор для поисков, которого им так не хватало в эпоху переднемоторных машин, инженеры теперь неустанно экспериментировали с аэродинамикой, и автомобили стали "худеть" не по дням, а по часам. Очень скоро машины всех без исключения команд были похожи на длинные гаванские сигары на колесах. "Сигарообразные" автомобили не отличались особой красотой и грациозностью, однако были предельно просты с аэродинамической точки зрения. Их главным козырем была минимальная за всю историю Формулы-1 площадь фронтальной поверхности автомобиля - 0,7-0,9 кв. м. "Сигары" прекрасно чувствовали себя на прямых: малый коэффициент лобового сопротивления позволял развивать фантастические по тем временам скорости. Но в поворотах у нового поколения машин еще оставался нераскрытый потенциал, реализовать который конструкторам удалось, лишь навесив на них крылья. Идея была, в общем-то, уже не нова: еще в 1965 г. на спортивном автомобиле Chaparral было установлено первое антикрыло, в 1967 на некоторых машинах Формулы-1 в зоне передних колес

стали возникать небольшие "отростки", которые при определенной натяжке также можно назвать "мини-крылышками". В 1968 г. в Монако на новой модели команды Lotus 49В конструкции Колина Чэпмена и Мориса Филиппа, наконец, появились настоящие крылья на носу автомобиля, ставшие прообразами современных передних антикрыльев. Задняя часть машины тоже имела довольно интересную с аэродинамической точки зрения конструкцию. Хотя заднего антикрыла, как такового, на Lotus 49В тогда еще не было, плоская форма обтекателя, чуть приподнятая в зоне задних колес, создавала эффект крыла небольшой градусности и давала дополнительное прижимное усилие.



Рисунок 1.4.1 - Общий вид, автомобиль – сигара

Впрочем, уже через две недели - на бельгийском этапе чемпионата мира - Ferrari первой среди всех команд Формулы-1 решилась выставить на старт машину, оснащенную революционной новинкой - огромным антикрылом, возвышавшимся над мотором. Правда, "окрыленная" машина досталась только одному гонщику Scuderia - новозеландцу Крису Амону, в то время как Жаки Икс стартовал на традиционной "бескрылой" версии Ferrari. Зато у

команды, как и у соперников, с интересом присматривавшихся к новинке итальянцев, появилась возможность в боевых условиях реально оценить пользу антикрыла. И уже после первых же тренировок всем и все стало ясно. Преимущество "крылатой" Ferrari Амона не подлежало сомнению. Несмотря на довольно уверенное выступление в квалификации Жаки Икса, показавшего третье время, тягаться со своим партнером по команде бельгиец был не в силах. Выиграв поул, Крис "привез" ему без малого 6 секунд. Правда, в гонке, пробив масляный радиатор, Амон вынужден был сойти уже на девятом круге, но, получив в тот день первое боевое крещение в дождливых Арденнах, антикрылья стали неотъемлемой частью гоночного автомобиля. Уже к концу лета 1968 г. почти все команды по примеру Scuderia оснастили свои машины крыльями на высоких древках. Причем некоторые крылья были активными: пилот в ходе гонки имел возможность изменять положение антикрыла. Конструкции, регулирующие угол атаки антикрыльев, были на редкость интересны и разнообразны: от простых многопозиционных переключателей, установленных в кокпите, до сложных полуавтоматических регуляторов. Бернар Бойе из французской Matra установил на машину специальный электродвигатель, изменявший угол атаки антикрыла при нажатии на педаль тормоза. В Ferrari для этих же целей разработали систему гидроцилиндров. Осенью 1968 г. на трассах чемпионата мира появились и своего рода "бипланы": для увеличения прижимной силы, действующей на передние колеса, конструктор Brabham Рон Тауранак установил над рычагами передней подвески еще одно антикрыло. Машину сразу окрестили "двухпалубной", но идея подобного расположения плоскостей дальнейшего развития так и не получила, во многом из-за скорого запрета антикрыльев. После первой тренировочной сессии Гран При Монако 1969 г., Международная спортивная комиссия (CSI) поставила крылья вне закона. Поводом к такому решению послужили страшные аварии двух гонщиков команды Lotus на предшествовавшем гонке в Монте-Карло Гран При

Испании. Из-за поломок крыльев Грэм Хилл и Йохен Риндт с разницей в 17 минут разбили свои машины в одном и том же повороте городской трассы в барселонском Монтжуик-парке, и только по счастливой случайности обошлось без жертв. Собственно, недовольство гонщиков громоздкими конструкциями антикрыльев нарастало давно: дело в том, что древки заднего крыла крепились на шарнирах к рычагам подвески, и несмотря на все усилия инженеров, достичь необходимой надежности этих конструкций так и не удавалось. Из-за постоянной вибрации на огромных скоростях шарниры неминуемо разбалтывались, и отрыв антикрыльев был достаточно частым явлением. После запрета крыльев конструкторы принялись искать им замену, и тут очень кстати оказался опыт Колина Чэпмена. Уже в Монте-Карло некоторые дизайнеры умудрились установить вокруг мотора специальные аэродинамические обтекатели по примеру Lotus 49В образца 1968 г. Однако вскоре, видя бесплодность дальнейших запретов, CSI решила раз и навсегда узаконить антикрылья, подвергнув их жесткой стандартизации. Высота крыла была ограничена 800 мм, ширина - 1100 мм для задних и 1500 мм для передних крыльев. По новым правилам антикрылья должны были иметь жесткое крепление к корпусу автомобиля, и пилот не имел права изменять угол атаки по ходу гонки. Благодаря этому решению комиссии в скором времени машины Формулы-1 вновь обрели крылья, которые уже были более или менее похожи на те, что мы видим в современной Формуле.

Автомобиль-клин.

Семидесятые годы - период аэродинамического расцвета Формулы-1. После эпопеи с крыльями конструкторы стали все больше задумываться над тем, как бы еще сильнее прижать машину к асфальту. В 1970 г. неутомимый Колин Чэпмен совершил очередной переворот в аэродинамике "королевской" Формулы. После значительной перекомпоновки автомобиля (наибольшим изменениям подверглась система охлаждения) Чэпмен отказался от считавшейся идеалом на протяжении 10 лет "машины-сигары" и создал



Рисунок 1.4.2 - Общий вид, автомобиль – клин

Идея была, в общем-то, довольно проста. Новый Lotus имел плоский клиновидный корпус, игравший роль одного огромного антикрыла. Чем больше была скорость, тем сильнее фронтальный воздушный поток прижимал машину к трассе. Это было серьезным шагом вперед по отношению к "сигаре", корпус которой, взаимодействуя с воздухом, создавал лишь незначительное прижимное усилие. Очень скоро "клин" Чэпмена получил в Формуле-1 столь же широкое распространение, как и антикрылья. В 1971-72 гг. большинство дизайнеров, взяв за основу аэродинамику Lotus 72, старались дополнить ее своими идеями и наработками, благодаря чему на трассах ежегодно появлялось довольно много очень интересных с аэродинамической точки зрения моделей. Tyrrell 001-006 конструкции Дерека Гарднера отличались огромными передними спойлерами, направлявшими воздушный поток поверх колес. Несмотря на довольно неуклюжий вид, эти автомобили принесли Джеки Стюарту два чемпионских

титула за три года. Робин Херд, напротив, украсил нос March 711, все еще сохранявшего "полусигарную" форму, необычным миниатюрным крылом-спойлером, мгновенно переименованным журналистами в "поднос". Рон Тауранак выставил "ушастый" Brabham, умудрившись разместить в спойлере перед передними колесами два довольно приличных радиатора. Над головами гонщиков также стали расти воздухозаборники - "камины". Самой экзотической машиной в этом отношении была первая модель новой французской команды Ligier - JS5. Воздухозаборник автомобиля конструкции Поля Карилло в равной степени напоминал горб верблюда и перископ подводной лодки. В поисках наилучших аэродинамических характеристик автомобилей дизайнеры шли даже на крайне рискованные и необычные эксперименты. Так, в 1976 г. команда Tyrrell выставила на гонки шестиколесную (!) модель Project 34. Вместо двух передних колес новый Tyrrell имел целых четыре колеса малого диаметра, которые едва выступали над верхней кромкой традиционно массивного спойлера, сводя на нет возмущение воздушных потоков в передней части машины. Уже в четвертой гонке нового Tyrrell в шведском Андерсторпе, пилоты "дядяюшки Кена" сделали победный дубль, однако скандинавский триумф так и остался единственным в биографии шестиколесных машин.

Автомобиль-крыло.

К концу 1976 г. на фоне успехов других топ-команд, и, в первую очередь, возродившейся Ferrari, спортивные достижения "воздушных новаторов" - команды Lotus - выглядели более чем скромно. Одна победа за два года - не Бог весть какой результат. Но Колин Чэпмен не был бы Колином Чэпменом, если бы хоть на минуту опустил руки.

Казалось, после двух машин, ставших "классикой" Формулы-1 - Lotus 25 с его несущим кузовом и клиновидного Lotus 72 - создать что-то великое Чэпмену уже не удастся. Но в декабре 1976 г. 48-летний конструктор представил миру машину, затмившую своих "младших сестер". В сотрудничестве с Ральфом Беллами, Мартином Огилви и Питером Райтом

был создан Lotus 78, через год получивший дальнейшее развитие в модели 79. Легендарный wing car - "автомобиль-крыло". Пройдут годы, и его назовут самым знаменитым автомобилем Формулы-1 всех времен.

Внешне у wing car были, в общем-то, довольно традиционный облик и компоновка. Весь секрет нового Lotus заключался в его боковых секциях, имевших специальную профилированную конструкцию, и эластичных "мини- юбках" по краям автомобиля, препятствовавших прохождению воздуха между машиной и асфальтом.

Эффект, достигавшийся посредством крыловидного профиля днища боковых понтонов (резко задранного вверх в задней части машины) в совокупности со щетками или "мини-юбками" по краям, буквально "присасывал" машину к дороге. На огромных скоростях встречный воздушный поток, проходя под профилированным днищем машины, еще больше ускорялся, и между автомобилем и асфальтом резко падало давление. Именно благодаря разности давлений воздуха над машиной и под ней, Lotus и "прилипал" к дорожному полотну.

В 1977-78 гг. машины Колина Чэпмена с "эффектом земли" выиграла 13 гонок за два года, и уже к 1979 г. "автомобиль-крыло" скопировали и конструкторы остальных команд. Правда, немного раньше, в 1978 г., дизайнер Brabham Гордон Марри представил миру еще одну интересную разработку. Тот эффект, которого в Lotus достигали за счет чистой аэродинамики, Гордон получил механическим путем. Установив в задней части Brabham BT46В специальный осевой вентилятор, отсасывавший воздух из под машины, Марри смог искусственно создать разрежение под автомобилем. Окрещенный "пылесосом" Brabham провел всего одну гонку в Швеции, разбил крылатые машины Чэпмена в "пух и прах" и... был запрещен FIA. Ехать позади "пылесоса" оказалось не только сложно, но и опасно: собирая с земли грязь и мелкие камешки, вентилятор швырял их в лицо преследователям, и гонщики других команд были очень недовольны новинкой

Марри.



Рисунок 1.4.3 - Общий вид, автомобиль – крыло

Впрочем, прошло еще несколько лет, и вне закона оказался и граунд-эффект. Дело в том, что сильно аэродинамически нагруженная машина требовала предельно жесткой подвески, и все неровности дорожного полотна гонщик ощущал буквально на собственной шкуре. Кроме того, эти самые неровности асфальта не позволяли эластичным "мини-юбкам" абсолютно плотно прилегать к дороге и полностью перекрывать приток воздуха под машину с боков. В результате повышение давления под автомобилем приводило к кратковременным потерям значительной части прижимного усилия, и машина становилась малоуправляемой. В ноябре 1982 г. FIA приняла решение о запрете "эффекта земли". Новые правила включали в себя пункт об обязательном наличии на автомобиле плоского днища.

16 декабря того же года в Норфолке от сердечного приступа умер "воздушный революционер" Формулы-1 Колин Чэпмен. С его смертью гонки вступили в следующий этап развития аэродинамики: наступил период "медленной эволюции" автомобилей. Выше "нос", господа! На протяжении 80-90-х годов конструкторы постоянно экспериментировали

с аэродинамикой автомобилей, подыскивая идеальные сочетания. С запретом "эффекта земли" резко возросла роль антикрыльев.

Постепенно дизайнерам удалось не только добиться значительного увеличения прижимной силы, но и снизить коэффициент лобового сопротивления машин. И все это путем постоянных, но незначительных, на первый взгляд, изменений, за которыми стояли долгие месяцы работы десятков людей.

Здесь нужно выделить три новинки, во многом определившие облик современной Формулы. В 1988 г. с подачи нового гения аэродинамики Эдриана Ньюи над головой гонщиков вновь появились воздухозаборники, необходимость которых была продиктована окончательной "реабилитацией" атмосферных двигателей. В 1991 г. Benetton обрел знаменитый вздернутый носик. По сравнению со считавшимися до этого традиционными опущенными носами конструкция переднего обтекателя, предложенная Джоном Барнардом, обеспечивала несколько иное распределение воздушных потоков под автомобилем и немного увеличивала секции для прохода воздуха в зоне переднего антикрыла. Наконец, в начале 1997 г. Майк Гаскойн установил на боковых понтонах Tyrrell 025 два "X-крыла" - "канделябра".

Правда, жизнь последней новинки была недолгой. Получив широкое распространение в первых гонках нынешнего сезона, боковые крылья были запрещены FIA в мае этого года.



Рисунок 1.4.4 - Общий вид

Некоторые факты говорят о том, что в ближайшие годы нас ожидает новый этап в развитии аэродинамики, переход к которому уже начался несколько лет назад. Современные компьютеры дают возможность просчитывать мельчайшие детали "аэродинамических платьев" автомобилей, благодаря чему все большее распространение получают крохотные крылышки и дефлекторы. Что принесет Формуле-1 мода на "мини", покажет время.

1.5 Выбор и обоснование принятого варианта конструкции аэродинамического обвеса

Целью данной работы, является анализ аэродинамического обвеса для определения его эффективности. Этот обвес должен быть прост в изготовлении, отвечать заданным параметрам. Регламент правил «Формула Студент» гласит что конструкция должна быть разработана студентами с нуля. После проведения патентного поиска, аналога для задуманной

конструкции не обнаружилось. Конструкция обвеса была создана с нуля, выбора для применения другой конструкции не было. Материалы, применённые для изготовления обвеса, обеспечили высокую прочность. Данная конструкция обвеса отвечает всем назначениям и требованиям.

2 Защита интеллектуальной собственности

Не предусмотрена заданием на выполнение дипломного проекта.

3 Конструкторская часть

3.1 Тягово-динамический расчет

Исходные данные для проведения тягово-динамического расчета заднеприводного легкового автомобиля «Формула Студент» сведем в таблицу 1. Расчет производился в соответствии с методикой описанной в источнике [3]

Таблица 3.1.1 - Исходные данные для проведения тягово-динамического расчета

Параметр	Значение
Колесная формула	4x2
Количество мест	1
Снаряженная масса m_0 , кг	240
Максимальная скорость V_{max} , км/ч (м/с)	160 (44,44)
Угловая скорость коленчатого вала ω_e^{max} , рад/с (об/мин)	1413,72 (13500)
Максимальная мощность двигателя N_e^{max} , кВт	86,8
Максимальный крутящий момент двигателя M_e^{max} , Н·м	76,76
Тип и размерность колеса	205/510R13
Коэффициент аэродинамического сопротивления C_x	0,3
Величина максимального преодолеваемого уклона i	0,34
КПД трансмиссии $\eta_{тр}$	0,93
Габаритная ширина автомобиля B , мм	1460
Габаритная высота автомобиля H , мм	1160
Коэффициент сопротивления качению f_0	0,02
Передаточные числа:	
– первой передачи коробки передач U_1	5,8
– второй передачи коробки передач U_2	4,22

– третьей передачи коробки передач U_3	3,5
– четвертой передачи коробки передач U_4	3,04
– пятой передачи коробки передач U_5	2,74
– шестой передачи коробки передач U_6	2,53
– главной передачи U_0	2,62

3.2 Подготовка исходных данных для тягового расчета

Полная масса автомобиля:

$$m_a = m_0 + m_{\text{ч}} \cdot n + m_{\text{б}} \cdot n , \quad (1)$$

где: m_0 – снаряженная масса автомобиля, кг;

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

n – число пассажиров;

$m_{\text{б}}$ – вес багажа.

$$m_a = 240 + 75 \cdot 1 = 315 \text{ кг}$$

Полный вес автомобиля:

$$G_a = m_a \cdot g , \quad (2)$$

где: g – ускорение свободного падения, м/с^2 .

$$G_a = 315 \cdot 9,81 = 3090 \text{ Н}$$

Автомобиль имеет заднеприводную компоновку (задние колеса ведущие), принимаем распределение веса по осям в соотношении: 48% на передние колеса и 52% - на задние.

Вес, приходящийся на ведущие колеса:

$$G_1 = 0,48 \cdot G_a = 0,48 \cdot 3090 = 1483 \text{ Н};$$

Вес, приходящийся на ведомые колеса:

$$G_2 = 0,52 \cdot G_a = 0,52 \cdot 3090 = 1607 \text{ Н}$$

Параметры обтекаемости автомобиля

Коэффициент обтекаемости

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

где: $\rho = 1,293$ – плотность воздуха в нормальных условиях, кг/м^3 .

$$k = \frac{0,32 \cdot 1,293}{2} = 0,206$$

Лобовая площадь автомобиля

$$F = 0,8 \cdot B \cdot H, \quad (4)$$

где: B – габаритная ширина автомобиля, м;

H – габаритная высота автомобиля, м.

$$F = 0,8 \cdot 1,46 \cdot 1,16 = 1,345 \text{ м}^2$$

Согласно выбранной ширине 205/510R13, радиус качения данной шины рассчитывается по формуле:

$$r_k = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H, \quad (5)$$

где: d – посадочный диаметр шины, дюйм;

$\lambda_z = 0,85$ – коэффициент вертикальной деформации;

H – высота профиля шины.

$$r_k = 0,5 \cdot 0,33 + 0,85 \cdot 0,11 = 0,258 \text{ м}$$

3.3 Расчет внешней скоростной характеристики (ВСХ) двигателя

Мощность двигателя при максимальной принятой скорости движения:

$$N_V = N_{\max} \cdot (a\lambda + b\lambda^2 - c\lambda^3), \quad (6)$$

где: a, b, c – эмпирические коэффициенты ($a = b = c = 1$ для карбюраторного двигателя),

$$\lambda = \frac{\omega_{\max}}{\omega_N} = 1,05.$$

$$N_V = 76760 \cdot (1,05 + 1,05^2 - 1,05^3) = 76367 \text{ Вт.}$$

Рассчитываем ВСХ двигателя по формуле:

$$N_e = N_{\max} \left[\frac{\omega_e}{\omega_N} + \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right], \quad (7)$$

где: ω_e – текущее значение угловой скорости коленвала, рад/с ;

ω_N – угловая скорость коленвала при максимальной мощности, рад/с (1413,72 рад/с).

N_e – текущее значение эффективной мощности двигателя, Вт.

Для построения кривой эффективного момента M_e (Н · м) применяем формулу:

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e}, \quad (8)$$

Рассчитываем зависимости $N_e(\omega_e)$ и $M_e(\omega_e)$. Результаты расчетов сводим в таблицу (см. табл.6) и представляем в виде графика.

Таблица 3.3.1 – Результаты расчетов

n_e , об/мин	ω_e , рад/с	N_e , Вт	M_e , Н · м
2500	261,8	16,4	62,5
3500	366,52	23,7	64,7
5500	575,95	38,8	67,4
6500	680,67	46,2	67,8
8500	890,11	59,6	67
9500	994,83	65,3	65,6
10500	1099,56	70,02	63,7
11500	1204,3	73,6	61,1
13500	1413,72	76,76	54,3

По данным таблицы 3.3.1 строим внешнюю скоростную характеристику двигателя, представленную в Приложении А на рисунке А.1.

3.4 Определение передаточного числа главной передачи

Передаточное число главной передачи U_0 определяется, исходя из заданного значения максимальной скорости автомобиля V_{\max} :

$$U_0 = \frac{\Gamma_k \cdot \omega_{\max}}{U_k \cdot V_{\max}}, \quad (9)$$

где: $U_k = U_3 = 3,5$ – передаточное число высшей передачи в коробке передач автомобиля, на которой обеспечивается максимальная скорость;

$$U_0 = \frac{0,258 \cdot 1413,72}{3,5 \cdot 44,44} = 2,34 .$$

Для дальнейших расчетов принимаем значение главной передачи принятой в задании на курсовой проект $U_0=2,62$.

Дальнейшие расчеты проводим по повышенному ряду передаточных чисел (повышенная передача в раздаточной коробке).

3.5 Силовой баланс автомобиля

Уравнение силового баланса:

$$F_T = F_D + F_B + F_{и} , \quad (10)$$

где: F_T – сила тяги ведущих колес, Н;

F_D – сила дорожного сопротивления, Н;

F_B – сила сопротивления воздуха, Н;

$F_{и}$ – сила сопротивления разгону автомобиля, Н (не учитываем).

Силу тяги на разных передачах рассчитывают по формуле:

$$F_{Ti} = \frac{U_{ki} \cdot U_0 \cdot M_e \cdot \eta_{тр}}{r_k} , \quad (11)$$

Сила аэродинамического сопротивления воздуха:

$$F_B = k \cdot F \cdot V_a^2 , \quad (12)$$

Сила дорожного сопротивления автомобиля (без учета сопротивления подъему):

$$F_D = G_a \cdot f , \quad (13)$$

где: $f = f_0 \cdot \left(1 + \frac{V_a^2}{2000}\right)$ – зависимость коэффициента трения качения от скорости движения автомобиля.

Пользуемся выбранными при расчете ВСХ значениями ω_e , приводя в соответствие с ними скорости автомобиля на разных передачах.

Результаты расчетов занесем в таблицу 3.5.1.

Таблица 3.5.1 - Результаты расчетов

ω_e	261,7 8	366,48	575,91	680,62	890,05	994,76	1099,4 7	1204,1 8	1413,6 1
------------	------------	--------	--------	--------	--------	--------	-------------	-------------	-------------

M_e		62,49	64,72	67,40	67,85	66,96	65,62	63,68	61,15	54,30
1 передача	V	4,445	6,222	9,778	11,556	15,111	16,889	18,667	20,445	24,000
	F_T	3422,9	3545,3	3692,2	3716,7	3667,76	3594,3	3488,3	3349,6	2974,4
	f	0,020	0,020	0,021	0,021	0,022	0,023	0,023	0,024	0,026
	F_B	7,972	15,625	38,583	53,889	92,153	115,112	140,625	168,692	232,462
	F_D	62,410	62,997	64,755	65,927	68,857	70,615	72,569	74,718	79,602
2 передача	V	6,11	8,55	13,44	15,9	20,8	23,2	25,6	28,1	32,9
	F_T	2490,4	2579,5	2686,3	2704,2	2668,6	2615,2	2538,0	2437,1	2164,1
	f	0,020	0,021	0,022	0,023	0,024	0,025	0,027	0,028	0,031
	F_B	15,059	29,516	72,883	101,796	174,078	217,447	265,640	318,658	439,119
	F_D	62,953	64,060	67,381	69,595	75,131	78,452	82,143	86,203	95,428
3 передача	V	7,365	10,311	16,203	19,149	25,042	27,988	30,934	33,880	39,772
	F_T	2065,5	2139,4	2228,04	2242,8	2213,3	2169,01	2105,02	2021,3	1794,8
	f	0,021	0,021	0,023	0,024	0,026	0,028	0,030	0,031	0,036
	F_B	21,892	42,908	105,953	147,985	253,065	316,113	386,173	463,248	638,368
	F_D	63,476	65,086	69,914	73,133	81,180	86,008	91,373	97,276	110,686
4 передача	V	8,480	11,872	18,655	22,047	28,831	32,223	35,615	39,006	45,790
	F_T	1794,1	1858,2	1935,2	1948,05	1922,4	1883,9	1828,3	1755,6	1558,9

	f	0,021	0,021	0,023	0,025	0,028	0,030	0,033	0,035	0,041
	F_B	29,01 8	56,876	140,44 4	196,15 8	335,44 4	419,01 6	511,88 3	614,04 8	846,17 5
	F_D	64,02 2	66,156	72,555	76,822	87,488	93,888	101,00 0	108,82 4	126,60 0
5 передача	V	9,408	13,171	20,698	24,461	31,988	35,751	39,514	43,277	50,804
	F_T	1617, 1	1674,8	1744,2	1755,8	1732,7	1698,0 2	1647,9	1582,4	1405,1
	f	0,021	0,022	0,024	0,026	0,030	0,033	0,036	0,039	0,046
	F_B	35,72 1	70,012	172,88 2	241,46 4	412,92 1	515,79 5	630,11 1	755,87 3	1041,6 12
	F_D	64,53 5	67,162	75,039	80,291	93,421	101,30 0	110,05 4	119,68 5	141,56 7
6 передача	V	10,18 9	14,265	22,416	26,491	34,643	38,718	42,794	46,869	55,021
	F_T	1493, 1	1546,5	1610,5	1621,2	1599,9	1567,8	1521,6	1461,1	1297,4
	f	0,021	0,022	0,025	0,027	0,032	0,035	0,038	0,042	0,050
	F_B	41,89 7	82,117	202,77 2	283,21 3	484,31 4	604,97 5	739,05 6	886,56 1	1221,7 04
	F_D	65,00 8	68,089	77,328	83,488	98,889	108,12 9	118,39 7	129,69 3	155,35 8

По данным таблицы 3.5.1 строим тяговый баланс автомобиля, представленную в Приложении А на рисунке А.2.

3.6 Динамическая характеристика автомобиля

$$D = \frac{F_T - F_B}{G_a}, \quad (14)$$

По этой формуле и данным силового баланса рассчитываем и строим

динамическую характеристику автомобиля, которая является графическим изображением зависимости динамического фактора D от скорости движения при различных передачах в коробке передач и при полной загрузке автомобиля.

Чтобы учесть влияние буксования ведущих колес, определяем динамический фактор по сцеплению:

$$D_{\text{сц}} \approx \frac{G_{\text{сц}} \cdot \varphi}{G_a} = \frac{2062 \cdot 0,8}{3777} = 0,4.$$

Таблица 3.6.1 - Данные расчета динамической характеристики

ω_e , рад/с	Динамический фактор D					
	I	II	III	IV	V	VI
261,8	1,105	0,801	0,661	0,571	0,512	0,470
366,52	1,142	0,825	0,678	0,583	0,519	0,474
575,95	1,182	0,846	0,687	0,581	0,509	0,456
680,67	1,185	0,842	0,678	0,567	0,490	0,433
890,11	1,157	0,807	0,634	0,514	0,427	0,361
994,83	1,126	0,776	0,600	0,474	0,383	0,312
1099,56	1,083	0,735	0,556	0,426	0,329	0,253
1204,3	1,029	0,686	0,504	0,369	0,267	0,186
1413,72	0,887	0,558	0,374	0,231	0,118	0,024

По данным таблицы 3.6.1 строим динамическую характеристику двигателя, представленную в Приложении А на рисунке А.3.

3.7 Разгон автомобиля

Ускорение во время разгона определяем для случая движения автомобиля по горизонтальной дороге с твердым покрытием хорошего качества при максимальном использовании мощности двигателя и

отсутствии буксования ведущих колес. Ускорение находим из выражения:

$$j = \frac{(D-f) \cdot g}{\delta_{вр}}, \quad (15)$$

где: $\delta_{вр} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_K^2)$ – коэффициент учета вращающихся масс двигателя, который определяем для каждой передачи в отдельности по формулам:

$$\delta_{вр1} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_1^2) = 1 + (0,05 + 0,05 \cdot 5,8^2) = 2,732$$

$$\delta_{вр2} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_2^2) = 1 + (0,05 + 0,05 \cdot 4,22^2) = 1,940$$

$$\delta_{вр3} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_3^2) = 1 + (0,05 + 0,05 \cdot 3,5^2) = 1,663$$

$$\delta_{вр4} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_4^2) = 1 + (0,05 + 0,05 \cdot 3,04^2) = 1,512$$

$$\delta_{вр5} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_5^2) = 1 + (0,05 + 0,05 \cdot 2,74^2) = 1,425$$

$$\delta_{вр6} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_6^2) = 1 + (0,05 + 0,05 \cdot 2,53^2) = 1,370$$

Определяем ускорение разгона, вносим результаты в таблицу 9 и строим график зависимости $j = f(V)$

Таблица 3.7.1 – Значения ускорение разгона

ω_e , рад/с	Ускорение j , м/с ²					
	I	II	III	IV	V	VI
261,8	3,896	3,947	3,781	3,572	3,378	3,212
366,52	4,029	4,067	3,879	3,643	3,425	3,236
575,95	4,170	4,166	3,919	3,616	3,333	3,083
680,67	4,180	4,144	3,861	3,517	3,194	2,907
890,11	4,075	3,958	3,588	3,148	2,731	2,356
994,83	3,961	3,795	3,374	2,879	2,407	1,981
1099,56	3,8058	3,583	3,108	2,552	2,022	1,539
1204,3	3,609	3,325	2,789	2,168	1,574	1,031
1413,72	3,094	2,666	1,997	1,231	0,494	0,185

По данным таблицы 3.7.1 строим ускорение автомобиля, представленную в Приложении А на рисунке А.4.

Затем определяем значения обратных ускорений ($1/j$) и заносим их в таблицу 3.6. Поскольку при скоростях V , близких к максимальной, ускорение стремится к нулю, то для расчета обратных ускорений ограничиваются скоростью $V = (0,8 \dots 0,9) V_{\max}$.

Таблица 3.7.2 – Значения обратных ускорений

ω_e , рад/с	Величина, обратная ускорению $1/j$, с ² /м					
	I	II	III	IV	V	VI
261,8	0,257	0,253	0,264	0,280	0,296	0,311
366,52	0,248	0,246	0,258	0,274	0,292	0,309
575,95	0,240	0,240	0,255	0,277	0,300	0,324
680,67	0,239	0,241	0,259	0,284	0,313	0,344
890,11	0,245	0,253	0,279	0,318	0,366	0,424
994,83	0,252	0,264	0,296	0,347	0,415	0,505
1099,56	0,263	0,279	0,322	0,392	0,495	0,650
1204,3	0,277	0,301	0,358	0,461	0,635	0,970
1413,72	0,323	0,375	0,501	0,813	2,024	2,156

По данным таблицы 3.7.2 строим обратные ускорения автомобиля, представленную в Приложении А на рисунке А.5.

3.8 Время и путь разгона

Время и путь разгона автомобиля определяем графоаналитическим способом. Смысл этого способа в замене интегрирования суммой конечных величин:

$$\Delta t = \int_{V_i}^{V_{i+1}} \frac{1}{j} dV \approx \left(\frac{1}{j_{CP}} \right)_{i+1} \cdot (V_{i+1} - V_i), \quad (16)$$

Для этого кривую обратных ускорений разбивают на интервалы и

считают, что в каждом интервале автомобиль разгоняется с постоянным ускорением $j = \text{const}$, которому соответствуют значения $(1/j) = \text{const}$. Эти величины можно определить следующим образом:

$$\left(\frac{1}{j_{\text{CP}}}\right)_k = \frac{(1/j)_{k-1} + (1/j)_k}{2}, \quad (17)$$

где: k – порядковый номер интервала.

Заменяя точное значение площади под кривой $(1/j)$ в интервале ΔV_k на значение площади прямоугольника со сторонами ΔV_k и $\left(\frac{1}{j_{\text{CP}}}\right)_k$, переходим к приближенному интегрированию:

$$\Delta t = \left(\frac{1}{j_{\text{CP}}}\right)_k \cdot (V_k - V_{k-1}), \quad (18)$$

$$t_1 = \Delta t_1, \quad t_2 = \Delta t_1 + \Delta t_2, \quad t_n = \sum_{k=1}^n \Delta t_k.$$

где: t_1 – время разгона от скорости V_0 до скорости V_1 ;

t_2 – время разгона до скорости V_2 .

Результаты расчета сводим в таблицу 11

Таблица 3.8.1 – Значения скорости и времени

V_a , м/с	t , с
4,445	0,570
6,223	1,019
9,779	1,887
11,557	2,320
15,112	3,281
25,043	5,974
38,721	9,824
42,797	11,051
46,874	10,981

По данным таблицы 3.8.1 строим график время разгона автомобиля, представленную в Приложении А на рисунке А.6.

Аналогичным образом проводится графическое интегрирование зависимости $t=f(V)$ для получения зависимости пути разгона S от скорости автомобиля.

В данном случае кривая $t=f(V)$ разбивается на интервалы по времени, для каждого из которых находятся соответствующие значения $V_{\text{срк}}$.

Площадь элементарного прямоугольника в интервале Δt_k есть путь, который проходит автомобиль от отметки t_{k-1} до отметки t_k , двигаясь с постоянной скоростью $V_{\text{срк}}$.

Величина площади элементарного прямоугольника определяется следующим образом:

$$\Delta S = V_{\text{срк}} \cdot (t_k - t_{k-1}) = V_{\text{срк}} \cdot \Delta t_k, \quad (19)$$

где: $k=1 \dots m$ – порядковый номер интервала, m выбирается произвольно ($m=n$).

Путь разгона от скорости V_0 до скорости V_1 : $S_1=\Delta S_1$, до скорости V_2 : $S_2=\Delta S_1+\Delta S_2$, до скорости V_n : $S_n = \sum_{k=1}^m \Delta S_k$.

Все результаты расчета заносим в таблицу 12

Таблица 3.8.2 – Значения пути разгона и скорости

$V_a, \text{ м/с}$	$S, \text{ м}$
5,333	2,084
8,000	8,122
10,667	12,140
13,334	23,265
20,077	70,911
31,880	180,448
40,756	224,783
44,832	279,952

По данным таблицы 3.8.2 строим путь разгона автомобиля, представленную в Приложении А на рисунке А.7.

3.9 Мощностной баланс автомобиля

Уравнение мощностного баланса:

$$N_T = N_e - N_{тр} = N_f + N_n + N_B + N_{и} , \quad (20)$$

где: N_T – тяговая мощность, подводимая к ведущим колесам, Вт;

$$N_T = N_e \cdot \eta_{тр} = N_e \cdot 0,91 ,$$

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

$N_f = F_f \cdot V$ – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления качению колес, Вт;

$N_n = F_n \cdot V$ – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления подъему ($N_n=0$), Вт;

$N_B = F_B \cdot V$ – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления воздуха, Вт;

$N_{и} = F_{и} \cdot V$ – мощность, затраченная на преодоление силы инерции автомобиля ($N_B = 0$), Вт.

Для выбранных ранее интервалов по угловой скорости коленвала двигателя и скорости автомобиля рассчитываем значения мощностного баланса, заполняем таблицу 13 и строим графики.

Вверх от кривой N_f откладываем значения мощности сопротивления воздуха N_B .

Таблица 3.9.1 – Рассчитанные значения мощностного баланса

ω_e , рад/с	2500	3500	5500	6500	8500	9500	10500	11500	13500
									0
Вт	16,3 59	23,7 22	38,82 19	46,18 48	59,60 02	65,27 85	70,02 11	73,64 07	76,7 6

1 передача	V, м/с	4,44 5	6,22 3	9,779	11,55 7	15,11 2	16,89 0	18,66 8	20,44 7	24,0 02
	N _Т , кВт	15,2 15	22,0 62	36,10 4	42,95 2	55,42 8	60,70 9	65,12 0	68,48 6	71,3 87
	N _В , кВт	0,03 5	0,09 7	0,377	0,623	1,393	1,944	2,625	3,449	5,58 0
	N _Д , кВт	0,27 7	0,39 2	0,633	0,762	1,041	1,193	1,355	1,528	1,91 1
2 передача	V, м/с	6,10 9	8,55 3	13,44 0	15,88 3	20,77 1	23,21 4	25,65 8	28,10 2	32,9 89
	N _Т , кВт	15,2 15	22,0 62	36,10 4	42,95 2	55,42 8	60,70 9	65,12 0	68,48 6	71,3 87
	N _В , кВт	0,09 2	0,25 2	0,980	1,617	3,616	5,048	6,816	8,955	14,4 86
	N _Д , кВт	0,38 5	0,54 8	0,906	1,105	1,561	1,821	2,108	2,422	3,14 8
3 передача	V, м/с	7,36 6	10,3 12	16,20 4	19,15 1	25,04 3	27,99 0	30,93 6	33,88 3	39,7 75
	N _Т , кВт	15,2 15	22,0 62	36,10 4	42,95 2	55,42 8	60,70 9	65,12 0	68,48 6	71,3 87
	N _В , кВт	0,16 1	0,44 2	1,717	2,834	6,338	8,848	11,94 7	15,69 6	25,3 91
	N _Д , кВт	0,46 8	0,67 1	1,133	1,401	2,033	2,407	2,827	3,296	4,40 3

Продолжение таблицы 3.9.2

4 передача	V, м/с	8,48 0	11,8 73	18,65 6	22,04 9	28,83 3	32,22 5	35,61 8	39,01 0	45,7 9
	N _Т , кВт	15,2 15	22,0 62	36,10 4	42,95 2	55,42 8	60,70 9	65,12 0	68,48 6	71,3 8
	N _В , кВт	0,24 6	0,67 5	2,620	4,325	9,672	13,50 3	18,23 2	23,95 4	38,7 5
	N _Д , кВт	0,54 3	0,78 5	1,354	1,694	2,523	3,026	3,597	4,245	5,79 8
5 передача	V, м/с	9,40 9	13,1 72	20,69 9	24,46 3	31,99 0	35,75 3	39,51 7	43,28 2	50,8 0
	N _Т , кВт	15,2 15	22,0 62	36,10 4	42,95 2	55,42 8	60,70 9	65,12 0	68,48 6	71,3 8
	N _В , кВт	0,33 6	0,92 2	3,579	5,907	13,20 9	18,44 1	24,90 0	32,71 5	52,9 22
	N _Д , кВт	0,60 7	0,88 5	1,553	1,964	2,989	3,622	4,349	5,180	7,19 3
6 передача	V, м/с	10,1 90	14,2 66	22,41 7	26,49 3	34,64 5	38,72 1	42,79 7	46,87 4	55,0 25
	N _Т , кВт	15,2 15	22,0 62	36,10 4	42,95 2	55,42 8	60,70 9	65,12 0	68,48 6	71,3 87
	N _В , кВт	0,42 7	1,17 1	4,546	7,503	16,77 9	23,42 5	31,63 0	41,55 7	67,2 24

N_d , кВт	0,66 2	0,97 1	1,733	2,212	3,426	4,187	5,067	6,079	8,54 9
-------------	-----------	-----------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-----------

По данным таблицы 3.9.2 строим мощностной баланс, представленную в Приложении А на рисунке А.8.

3.10 Расчет топливно-экономической характеристики автомобиля

Для получения топливно-экономической характеристики следует рассчитать расход топлива при движении автомобиля на высшей передаче по горизонтальной дороге с заданными постоянными скоростями от минимально устойчивой до максимальной. Расход топлива определяется по формуле:

$$Q_s = \frac{1,1 \cdot g_{emin} \cdot K_I \cdot K_E \cdot (N_d + N_B)}{36000 \cdot V_a \cdot \rho_T \cdot \eta_{TP}}, \quad (21)$$

где: $g_{emin} = 240$ г/(кВт · ч) – минимальный удельный эффективный расход топлива;

$\rho_T = 0,72$ кг/л – плотность топлива;

$K_I = 1,152 \cdot I^2 - 1,728 \cdot I + 1,523$ – коэффициент, учитывающий изменения величины удельного эффективного расхода топлива в зависимости от степени использования мощности

$$I = \frac{N_d + N_B}{N_T};$$

$K_E = 0,53 \cdot E^2 - 0,753 \cdot E + 1,227$ – коэффициент, учитывающий изменения величины удельного эффективного расхода топлива в зависимости от ω_e .

$$E = \frac{\omega_e}{\omega_{eN}}, \quad (22)$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 14

Таблица 3.10.1 – Результаты расчета топливно-экономической характеристики автомобиля

ω_e , рад/с	V_a , м/с	Q_s , л/100 км
261,8	4,44	0,5

366,52	9,78	0,84
575,95	15,11	1,27
680,67	18,67	1,73
890,11	24,00	2,26
994,83	25,66	2,5
1099,56	32,9	3,7
1204,3	33,88	3,9
1413,72	39,77	4,86

qp, л/100км

По данным таблицы 3.10.1 строим путевой расход топлива, представленную в Приложении А на рисунке А.9.

4 Исследовательская часть

4.1 Выбор предмета исследования

Для предмета исследования была выбрана аэродинамическая поверхность болида, а именно:

- Переднее антикрыло
- Диффузор днища
- Заднее антикрыло

Установлены на болид они будут впервые, поэтому требуют необходимые расчеты целесообразности и эффективности данного обвеса.

4.2 Выбор компоновочной схемы аэродинамического обвеса

Для расчета характеристик и определения параметров аэродинамического обвеса, необходимо знать в каких условиях и при каких скоростях он будет использоваться. Для этого проанализируем различные трассы, где будет эксплуатироваться данный обвес.

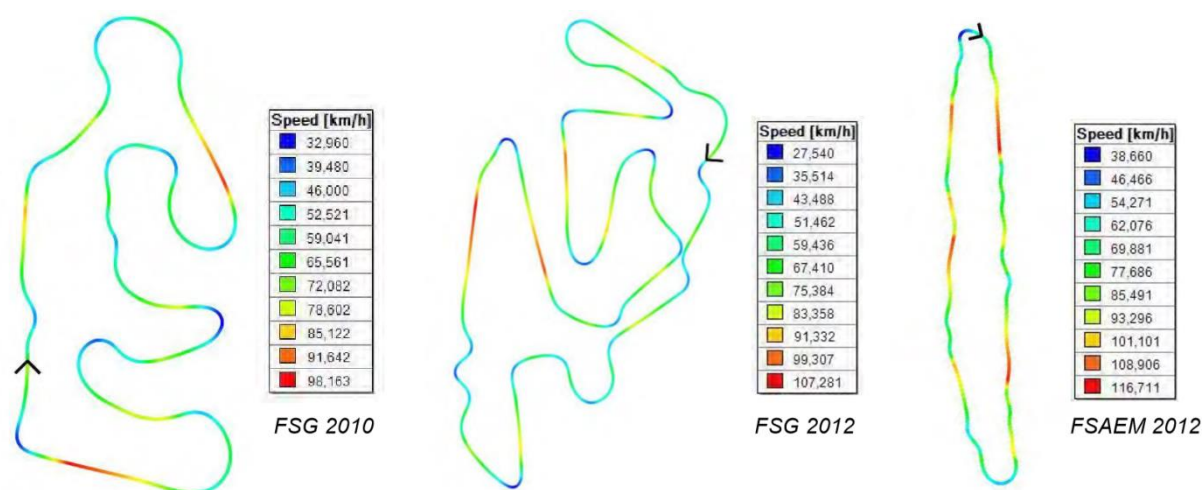


Рисунок 4.2.1 – Трассы «Формула Студент»

Проанализировав данные различных трасс, приходим к выводу, что на большем участке трассы преобладает скорость 50-80 км/ч. Максимальная скорость болида на трассе 120 км/ч. Следовательно конструкция аэродинамического обвеса должна быть рассчитана под данные условия трассы, для достижения максимального КПД, то есть сечение переднего и заднего антикрыла должно быть таким, что бы достигалась максимальная прижимная сила и минимальное лобовое сопротивление. Размеры аэродинамического обвеса регулируются правилами «Формула Студент» и ограничиваются размерами болида.

Пример компоновки спортивного болида, созданного студентами ТГУ.

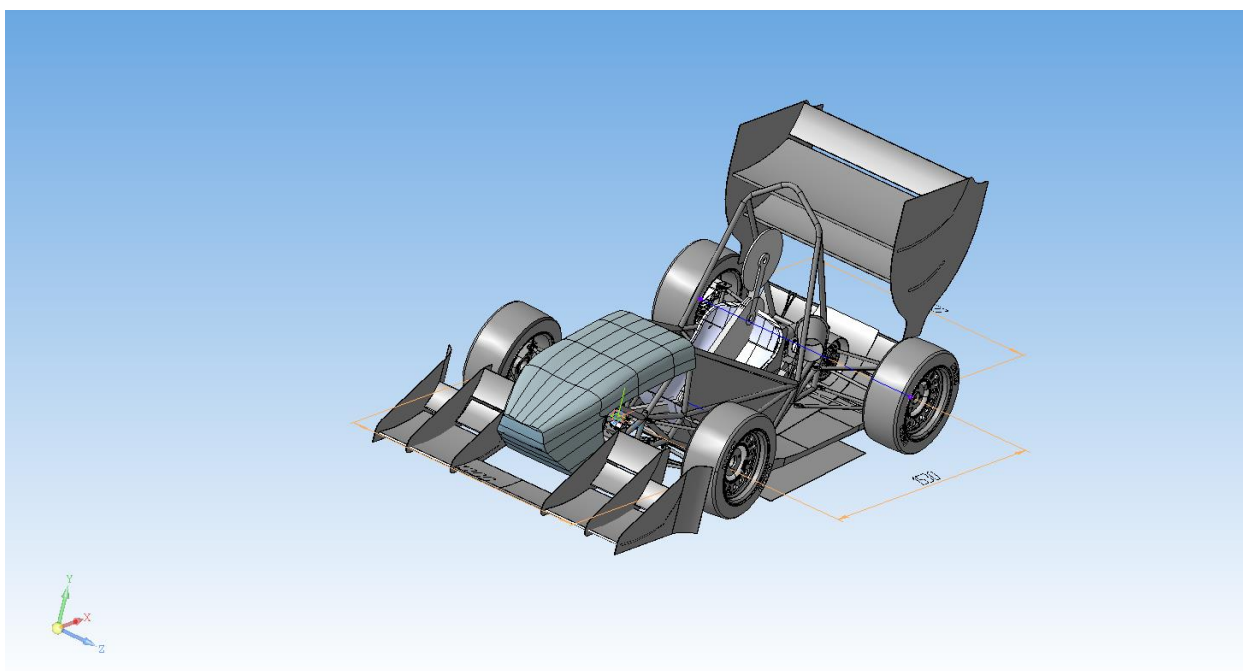


Рисунок 4.2.2 - Общий вид

4.3 Условия проведения исследования

Так как у нас нет доступа к аэродинамической трубе, все исследования будем проводить в компьютерной программе Solid Works.

Условия:

- Результаты расчетов в Solid Works предполагаются в идеальных условиях окружающей среды. Мы пренебрегаем влиянием окружающей среды, когда автомобиль в движении.
- Поток воздуха несжимаем и не вязок.
- Нет потери энергии из-за трения частиц воздуха о поверхность болида.

4.4 Исследование антикрыла

Первым что необходимо сделать – проанализировать антикрыло болида. Профиль крыла был подобран в базе NASA, наиболее соответствующий нашим заданным параметрам.

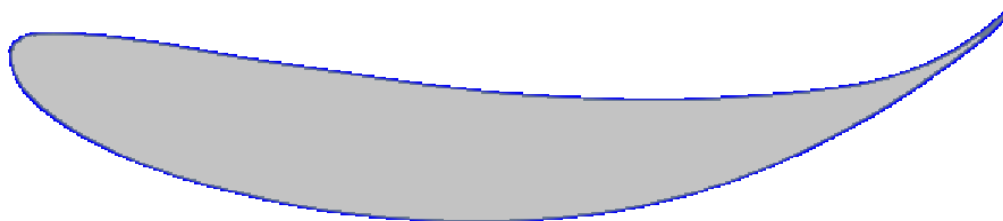


Рисунок 4.4.1 - Профиль антикрыла

Создав 3D модель и рассчитав ее в программе Solid Works, получим:

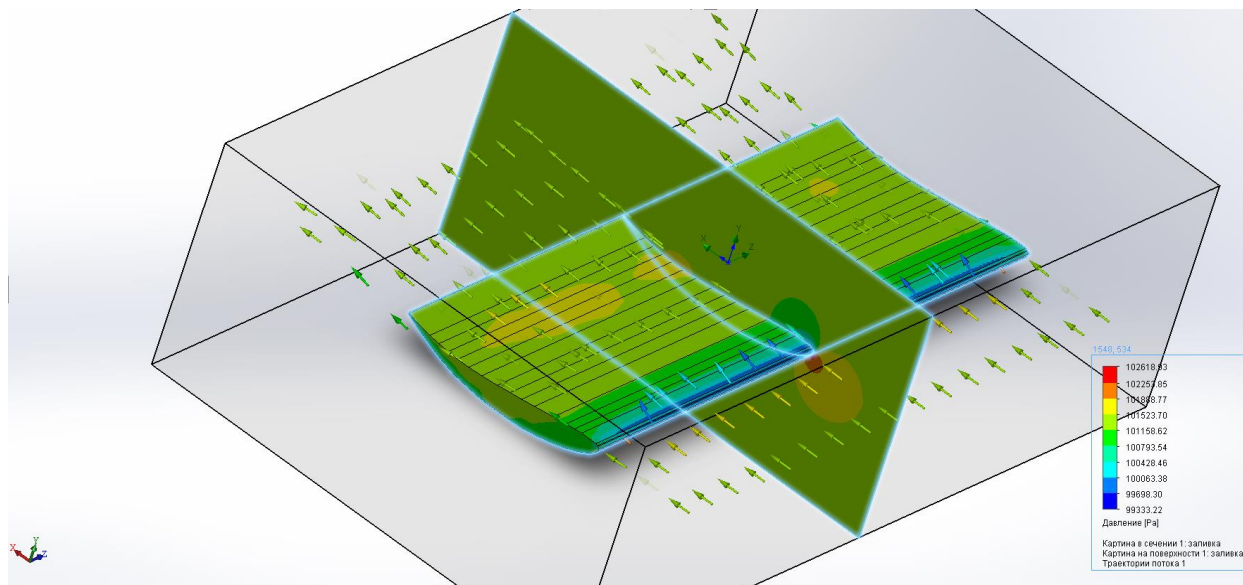


Рисунок 4.4.2 - 3D модель антикрыла

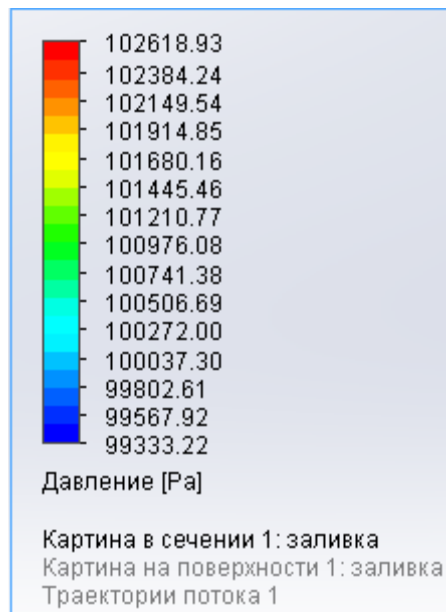


Рисунок 4.4.3 - Параметры давления

4.5 Анализ диффузора

Для начала разберемся зачем нужен диффузор? Диффузор нужен для того чтобы создать максимально ламинарное движение потока воздуха под болидом, так сказать что бы потоку воздуха не за что было зацепиться, тем самым избежав различных завихрений, тем самым создать разницу давления и повысить прижимную силу.

Производим расчет при максимальной скорости потока воздуха 44,44 м/с (160км/ч).

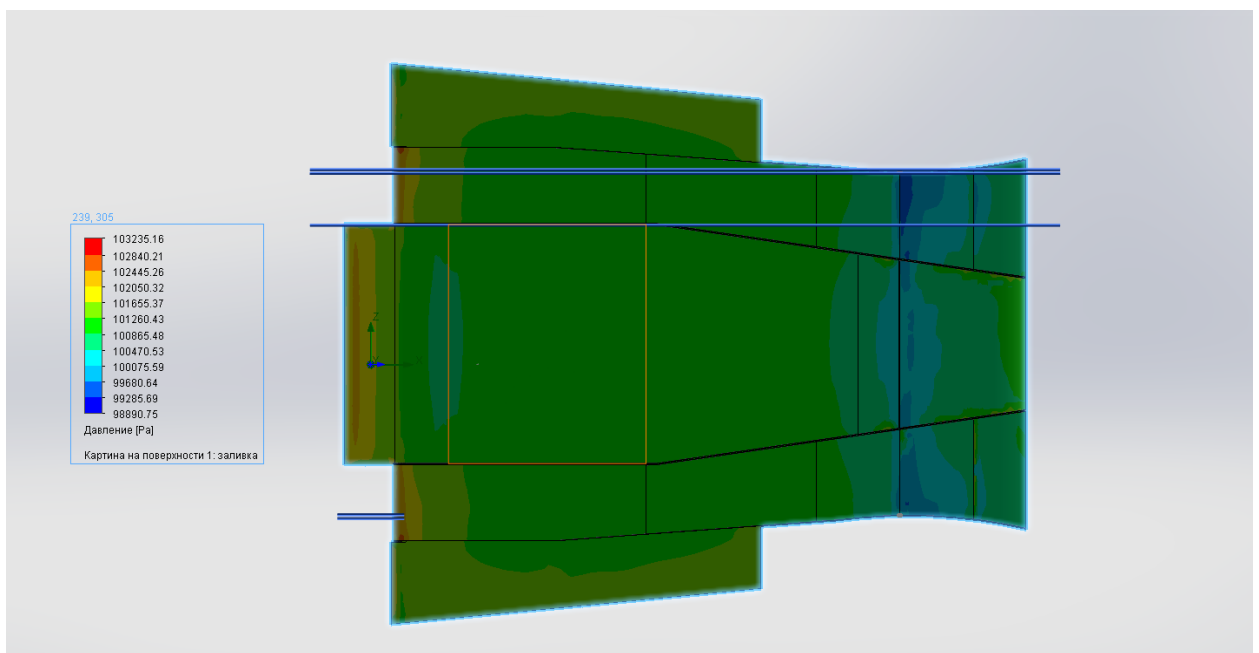


Рисунок 4.5.1 - Вид снизу

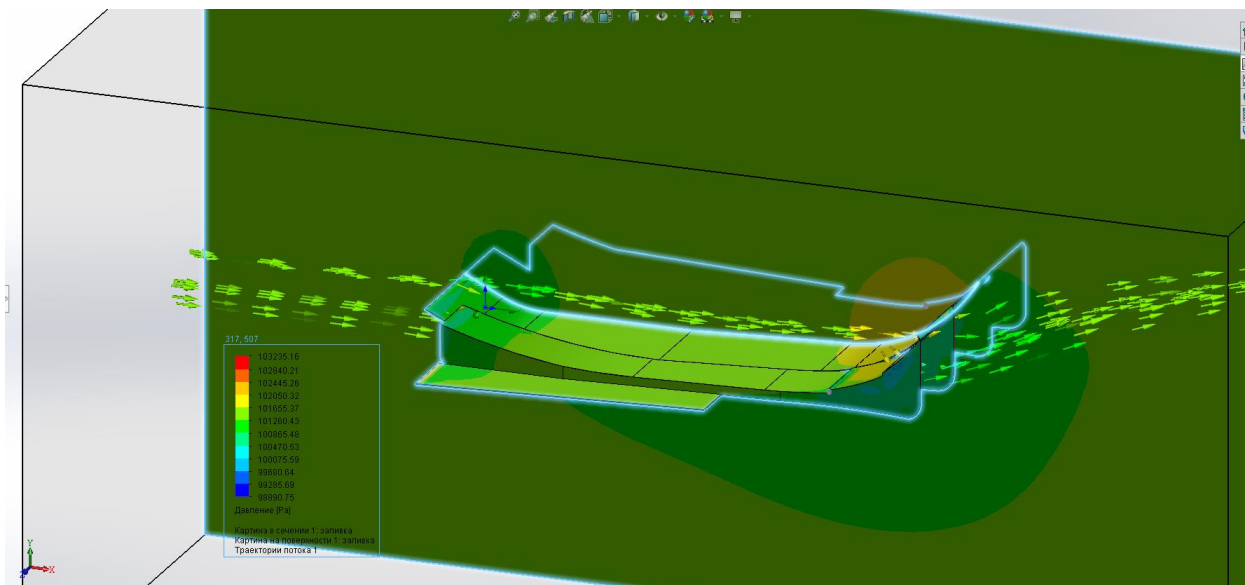


Рисунок 4.5.2 - Диметрия

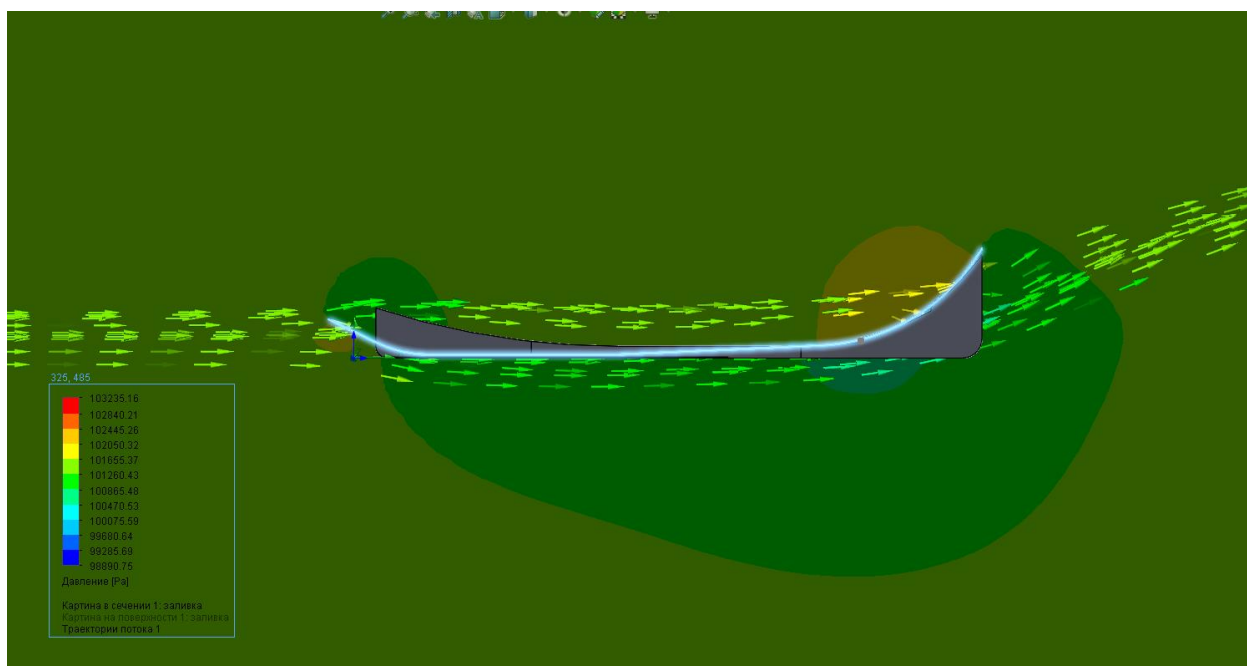


Рисунок 4.5.3 - Вид сбоку



Рисунок 4.5.4 - Параметры давления

На рисунке 4.8 (вид сбоку) отчетливо видна кривая давления более темного цвета чем основной поток, из этого следует что под диффузором давление ниже, так же на рисунке 4.7 (диметрия) мы можем наблюдать «правильный» выход воздушного потока, следовательно диффузор выполняет свои функции.

4.6 Анализ переднего антикрыла

Передние антикрылья на болиде обеспечивают около 35% всей прижимной силы. Переднее антикрыло, ширина которого, по правилам «Формула Студент» должна соответствовать ширине самого болида, прикрепляется к носовому обтекателю при помощи пилонов. Созданная антикрылом добавочная прижимная сила увеличивает предельную силу трения между ведущими колесами и покрытием и, как следствие, позволяет автомобилю переносить большие ускорения без срыва в занос. Расчет производится при средней скорости потока воздуха 25м/с (90км/ч).

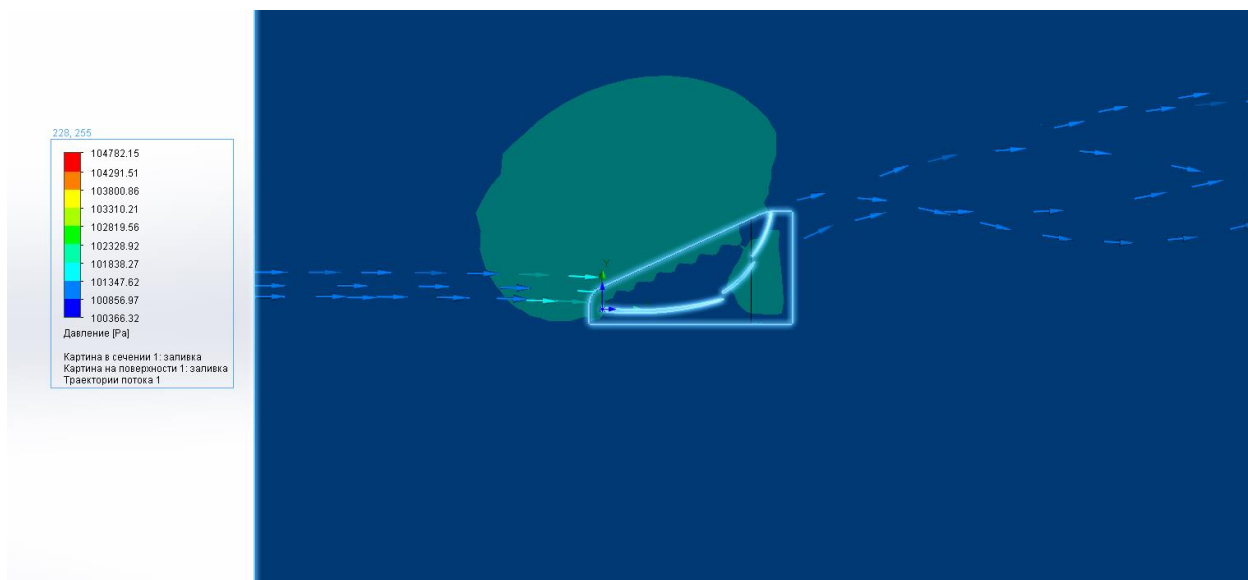


Рисунок 4.6.1 - Вид сбоку

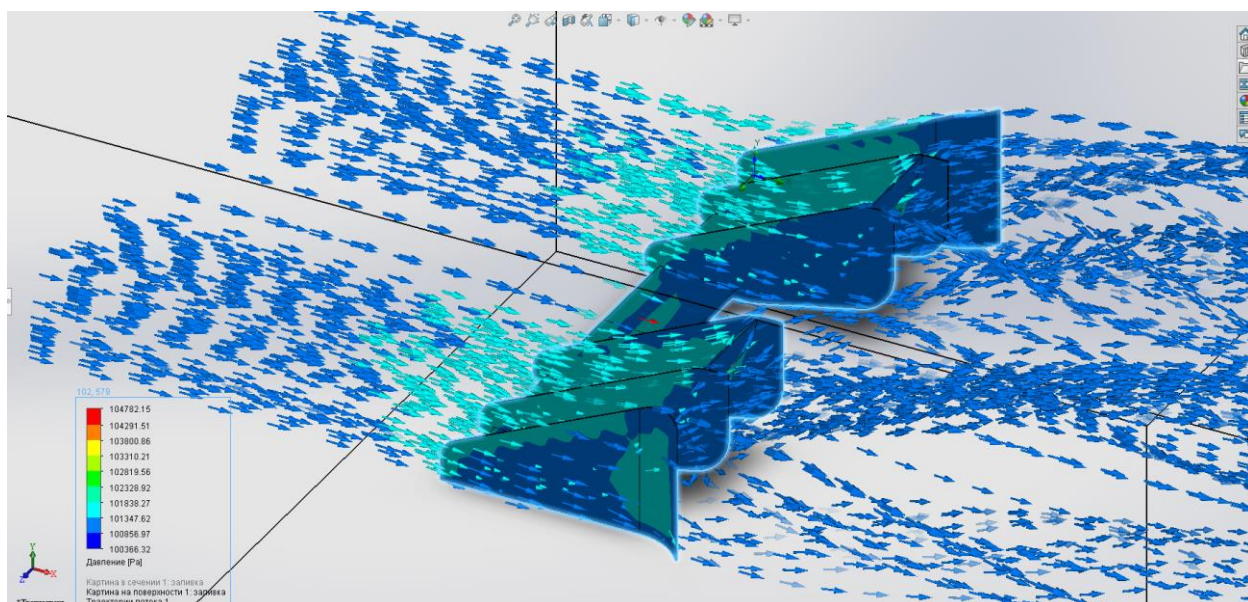


Рисунок 4.6.2 - Триметрия

Таблица 4.6.1 - Результаты симуляции

Параметры	Значения
Прижимная сила	22,9кг
Лобовое сопротивление	10,5кг
Лобовая площадь	0,26м ²
Аэродинамический баланс (перед)	29,3%

4.7 Анализ заднего антикрыла

Заднее антикрыло берет на себя большую часть работы по созданию прижимной силы для спортивного болида. Это самая объемная конструкция из аэродинамического пакета устанавливаемого на болид. Существует негативный эффект использования антикрыльев, заключающийся в увеличении сопротивления набегающему потоку воздуха, вследствие чего падает скорость, возрастает расход топлива, поэтому расчёт заднего антикрыла нуждается в тщательном анализе.

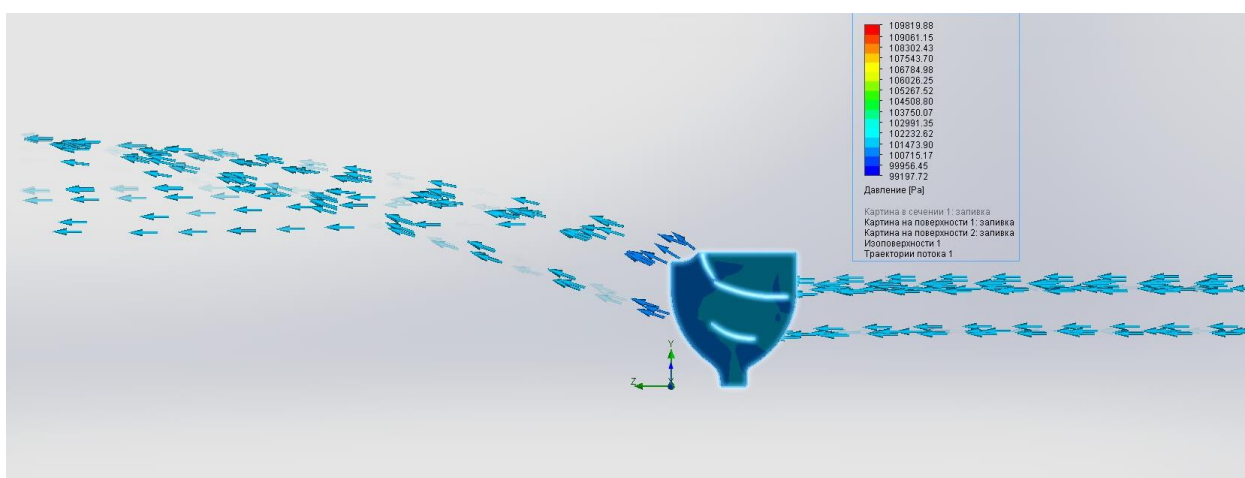


Рисунок 4.7.1 - Вид сбоку

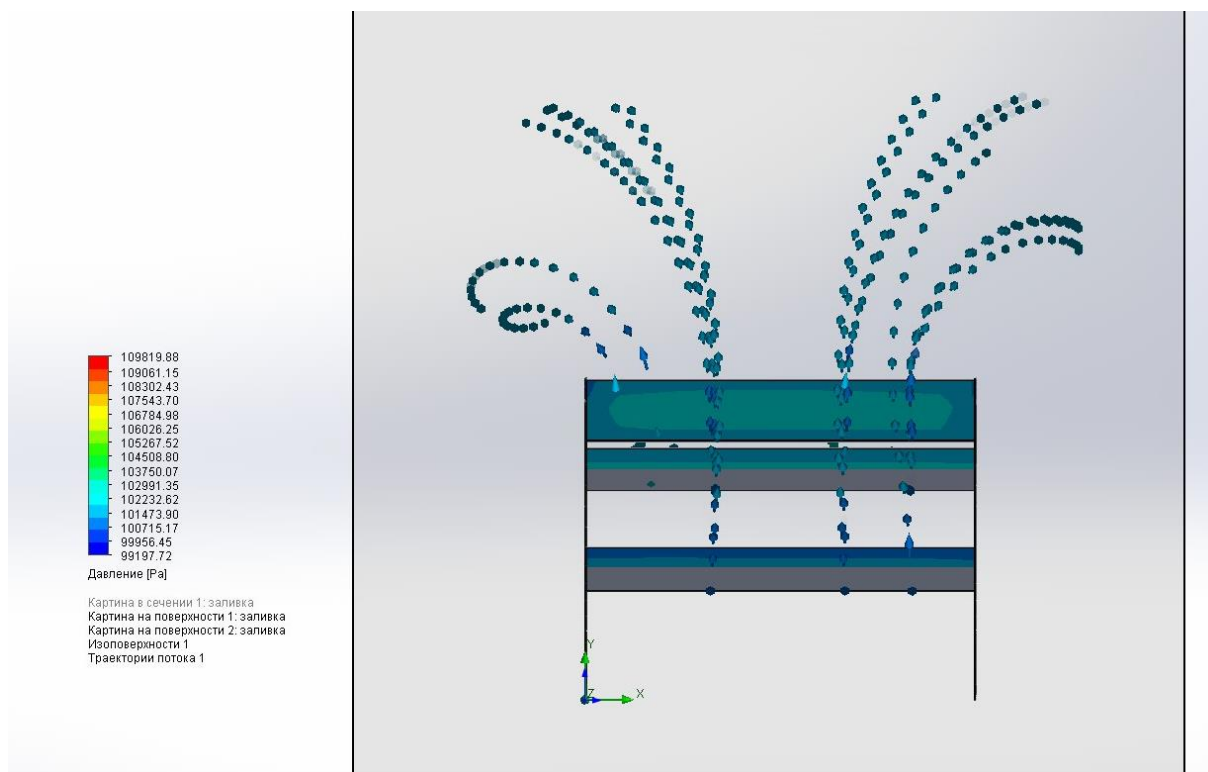


Рисунок 4.7.2 - Вид спереди

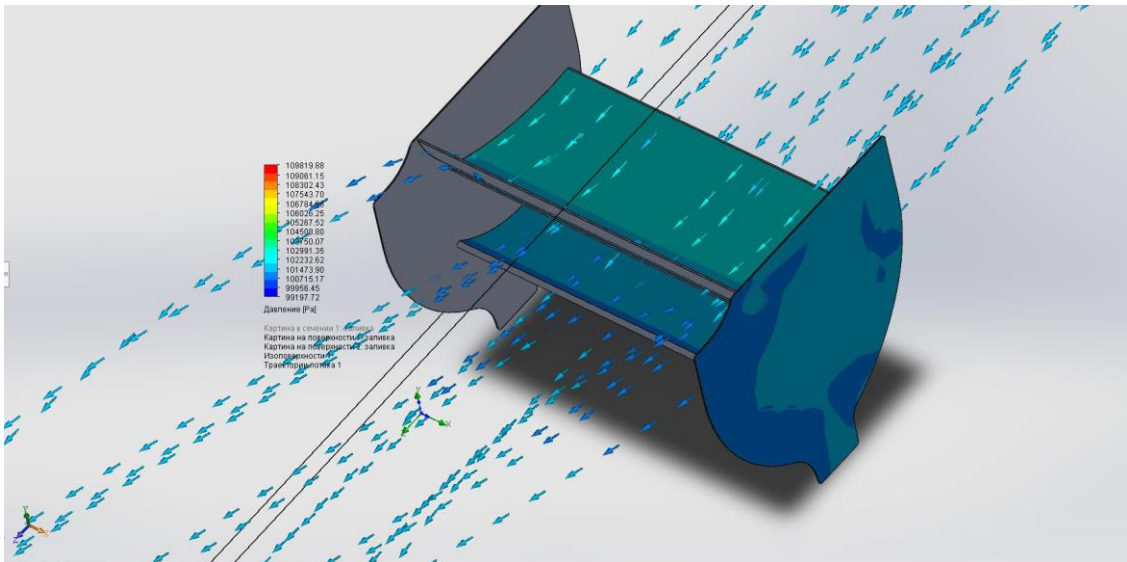


Рисунок 4.7.3 - Тримерия

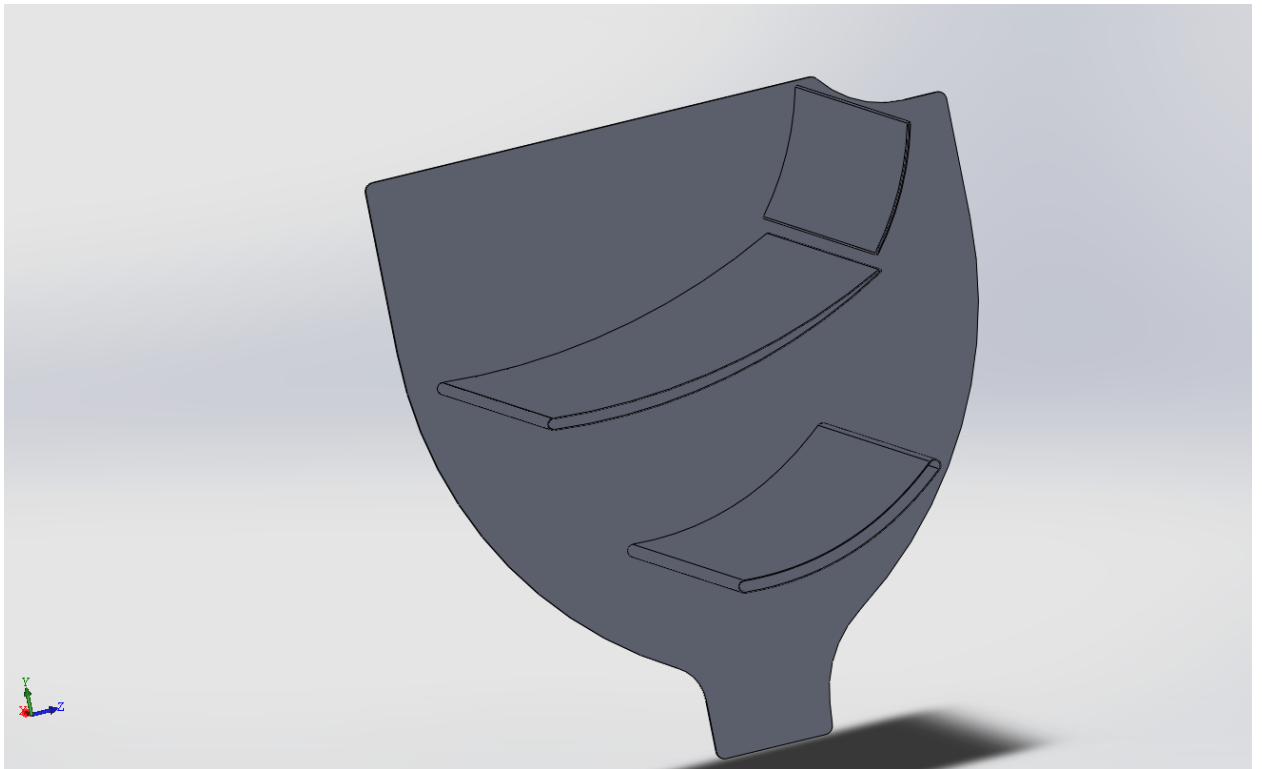


Рисунок 4.7.4 - Разрез

Таблица 4.7.1 - Результаты симуляции

Параметры	Значения
Прижимная сила	34,5кг
Лобовое сопротивление	14,6кг
Лобовая площадь	0.87 м ²
Аэродинамический баланс	51,9%

5 Безопасность и экологичность проекта

5.1 Описание рабочего места, оборудования и выполняемых технологических операций

Эскиз рабочего места.



Таблица 5.1.1 - Описание исследовательского оборудования

№ позиции на эскизе	Наименование оборудования	Работы выполняемые на данном оборудовании
1	Персональный компьютер	Расчет и анализ
2	Компьютерный стол	Работа с ПК и документами
3	Стул	Место рабочего
3	Принтер	Печать документов

4	Шкаф для документации	Хранение документов
---	-----------------------	---------------------

5.2 Опасные и вредные факторы, имеющие место при выполнении исследовательской работы

5.2.1. Шум

Источники шума:

- а) работающая ПК;
- б) работающий принтер.

Таблица 5.2.1.1 Предельные уровни звука, дБ, на рабочих местах.

Категория напряженности труда	Категория тяжести труда			
	1. Легкая	2. Средняя	3. Тяжелая	4. Очень тяжелая
1. Мало напряженный	80	80	75	75
2. Умеренно напряженный	70	70	65	65
3. Напряженный	60	60	-	-
4. Очень напряженный	50	50	-	-

Уровень шума на участке исследования(место работы инженера) не должен превышать 50дБА. Для снижения уровня шума внутренние стены помещений необходимо покрыть (облицевать) звукопоглощающими материалами. Для снижения уровня вибрации оборудование должно быть установлено на специальные виброизоляторы.

5.2.2 Климатические условия

Температура, относительная влажность и скорость ветра в помещении должны поддерживаться:

а) в теплый сезон (со среднесуточной температурой выше +10 °С): температура +20...22 °С, относительная влажность воздуха 40...60%, скорость движения воздуха не более 0,4 м/с;

б) в холодный сезон (со среднесуточной температурой ниже +10°С): температура +17...19 °С, относительная влажность воздуха 40...60%, скорость движения воздуха не более 0,3 м/с.

Рабочее освещение в помещении совмещенное -естественное (через окна в стене) и искусственное: общее (лампы дневного света) и местное. Плафоны общего освещения расположены сдвоенными рядами - по две лампы в каждом; расстояние между плафонами одного ряда порядка 1,3 м, между рядами около 5м, высота подвеса плафона около 2 метров.

5.2.3 Поражение электрическим током

Получение электротравмы возможно при неисправности проводки освещения или механизмов и приспособлений. По степени опасности поражения электрическим током помещение относится ко 2 классу - помещение с повышенной опасностью, т.к. не исключена вероятность одновременного контакта с имеющими соединение с землей металлическими элементами технологического оборудования (металлоконструкциями здания) и металлическим корпусом электрооборудования. С целью предотвращения поражения электрическим током необходимо предусмотреть заземление электроустановок, находящихся под напряжением.

5.2.4 Взрыво- и пожароопасность

Помещение участка относится к категории « В » по взрывопожарной и пожарной безопасности.

Таблица 5.2 - Опасные и вредные факторы

1. Физические

1.Подвижные части оборудования	Вращающиеся части инструмента	Шум, общая вибрация.
2.Повышенная запыленность и загрязненность воздуха, интенсивное тепловыделение	Отходы жизнедеятельности человека	Воздействие на органы дыхания, перегрев организма
3.Повышенное напряжение электросети	Электросети и оборудование с электроприводом	Поражение электрическим током
4.Электромагнитное и ионизирующее излучение	Монитор ПК	Влияние на органы зрения, повышенная утомляемость, усталость
5.Отсутствие или недостаток естественного освещения	Производственные помещения, осветительное оборудование	Влияние на органы зрения, повышенная утомляемость, усталость

2. Химические

1.Раздражающие вещества	Пыль	Воздействие на органы дыхания
-------------------------	------	-------------------------------

3. Психофизические

1.Физические перегрузки		Статические и динамически перегрузки, утомление, нагрузка на позвоночник
2.Нервно-психические		Общение в коллективе, утомление, усталость, эмоциональное напряжение

5.3 Электромагнитное и ионизирующее излучения

Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений от монитора компьютера представлены в табл. 6.2.4.

Максимальный уровень рентгеновского излучения на рабочем месте оператора компьютера обычно не превышает 10 мкбэр/ч, а интенсивность ультрафиолетового и инфракрасного излучений от экрана монитора лежит в пределах 10...100 мВт/м².

Таблица 5.3.1 - Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений (в соответствии с СанПиН 2.2.2.542-96)

Наименование параметра	Допустимые
Напряженность электрической составляющей электромагнитного поля	10 В/м
Напряженность магнитной составляющей электромагнитного поля на расстоянии 50 см от поверхности видеомонитора	0,3 А/м
Напряженность электростатического поля не должна превышать:	
для взрослых пользователей	20 кВ/м
для детей дошкольных учреждений и учащихся средних специальных и высших учебных заведений	15 кВ/м

Для того что бы снизить воздействие различных видов излучения рекомендуется применять мониторы с пониженным уровнем излучения (MPR-II, TCO-92, TCO-99), устанавливать защитные экраны, а также соблюдать регламентированные режимы труда и отдыха.

5.4 Мероприятия по созданию безопасных условий труда

5.4.1. Организационные мероприятия

В целях охраны труда следует проводить инструктаж рабочих и служащих по технике безопасности, производственной санитарии, противопожарной охране и другим правилам охраны труда.

Существует несколько видов инструктажа. Был проведен вводный инструктаж, который обязаны пройти все вновь поступающие на предприятие, а также командированные и учащиеся, прибывшие на практику.

Для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранения здоровья профессиональных пользователей на протяжении рабочей смены надо устанавливать регламентированные перерывы. Для работников участка с учетом их категории работы и уровня тяжести следует установить регламентированные перерывы через два часа от начала рабочей смены и через $1,5 \div 2,0$ часа после обеденного перерыва продолжительностью 15 минут каждый или продолжительностью 10 минут через каждый час работы.

5.4.2. Планировочные мероприятия

К планировочным мероприятиям можно отнести рациональное размещение рабочих мест в помещении, обеспечивающее:

- а) нормальный доступ рабочего к рабочему месту.
- б) возможность быстрой эвакуации рабочих в случае необходимости;
- в) удаленность источников шума, вибрации, токсичных веществ.

5.4.3. Технические мероприятия

Должен быть произведен выбор систем освещения, приточной и вытяжной вентиляции, поддержания климатических условий. В частности, электрооборудование должно обеспечивать невозможность соприкосновения персонала с частями, находящимися под напряжением или движущимися частями. Инженерное помещение должно быть снабжено табличками и указателями, информирующими о местонахождении эвакуационного выхода, оборудовании под напряжением.

5.4.4 Эргономические требования к рабочему месту

Проектирование рабочих мест, снабженных видеотерминалами, относится к числу важных проблем эргономического проектирования в области вычислительной техники.

Рабочее место и взаимное расположение всех его элементов должно соответствовать антропометрическим, физическим и психологическим требованиям. Большое значение имеет также характер работы. В частности, при организации рабочего места инженера должны быть соблюдены следующие основные условия: оптимальное размещение оборудования, входящего в состав рабочего места и достаточное рабочее пространство, позволяющее осуществлять все необходимые движения и перемещения. Эргономическими аспектами проектирования видеотерминальных рабочих мест, в частности, являются: высота рабочей поверхности, размеры пространства для ног, требования к расположению документов на рабочем месте (наличие и размеры подставки для документов, возможность различного размещения документов, расстояние от глаз пользователя до экрана, документа, клавиатуры и т.д.), характеристики рабочего кресла, требования к поверхности рабочего стола, регулируемость элементов рабочего места.

Главными элементами рабочего места инженера являются стол и кресло. Основным рабочим положением является положение сидя.

Рабочая поза сидя вызывает минимальное утомление инженера.

Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще, расположено в зоне легкой досягаемости рабочего пространства.

Моторное поле - пространство рабочего места, в котором могут осуществляться двигательные действия человека.

Максимальная зона досягаемости рук - это часть моторного поля рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми максимально вытянутыми руками при движении их в плечевом суставе.

Оптимальная зона - часть моторного поля рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми предплечьями при движении в локтевых суставах с опорой в точке локтя и с относительно неподвижным плечом.

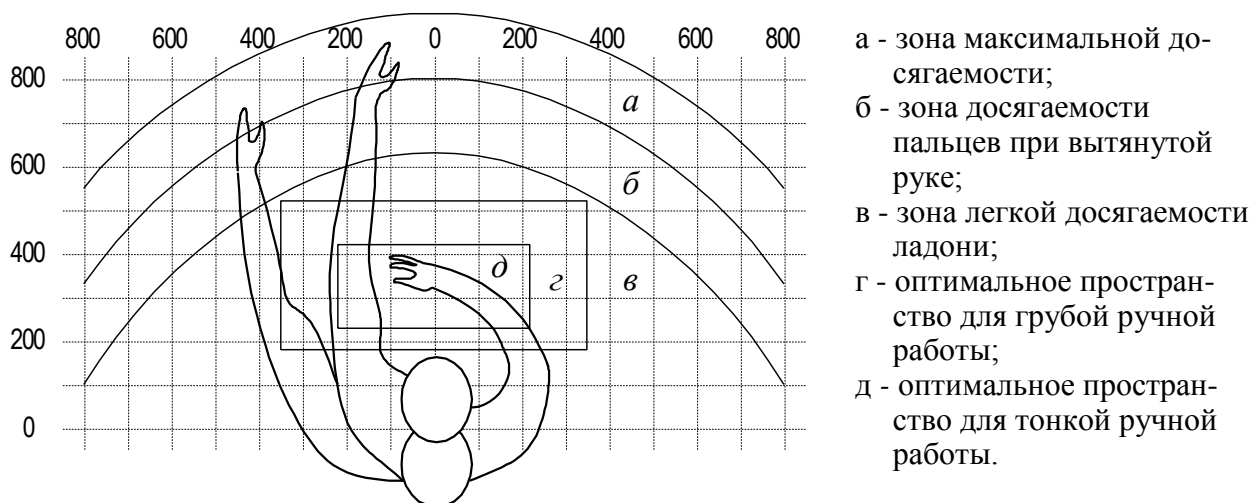


Рисунок 5.4.4.1 Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости.

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости:

Дисплей - размещается в зоне а (в центре);

Системный блок - размещается в предусмотренной нише стола;

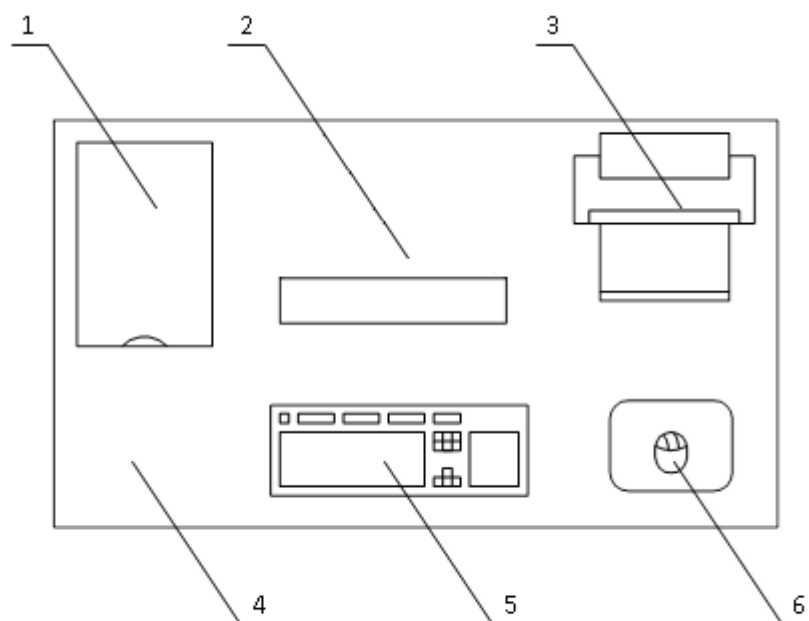
Клавиатура - в зоне г/д;

«Мышь» - в зоне в справа;

Сканер - в зоне а/б (слева);

Принтер - находится в зоне а (справа);

Документация: необходимая при работе - в зоне легкой досягаемости ладони
— в, а в выдвижных ящиках стола - литература, неиспользуемая постоянно.



На рис. 5.4.4.2 показан пример размещения основных и периферийных составляющих ПК на рабочем столе инженера.

1 – сканер, 2 – монитор, 3 – принтер, 4 – поверхность рабочего стола, 5 – клавиатура, 6 – манипулятор типа «мышь».

Для комфортной работы стол должен удовлетворять следующим условиям [26]:

- высота стола должна быть выбрана с учетом возможности сидеть свободно, в удобной позе, при необходимости опираясь на подлокотники;
- нижняя часть стола должна быть сконструирована так, чтобы инженер мог удобно сидеть, не был вынужден поджимать ноги;
- поверхность стола должна обладать свойствами, исключающими появление бликов в поле зрения инженера;
- конструкция стола должна предусматривать наличие выдвижных ящиков (не менее 3 для хранения документации, листингов, канцелярских принадлежностей).
- высота рабочей поверхности рекомендуется в пределах 680-760 мм. Высота поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть около 650 мм.

Большое значение придается характеристикам рабочего кресла. Так, рекомендуемая высота сиденья над уровнем пола находится в пределах 420-550 мм. Поверхность сиденья мягкая, передний край закругленный, а угол наклона спинки - регулируемый.

Необходимо предусматривать при проектировании возможность различного размещения документов: сбоку от видеотерминала, между монитором и клавиатурой и т.п. Кроме того, в случаях, когда видеотерминал имеет низкое качество изображения, например заметны мелькания, расстояние от глаз до экрана делают больше (около 700 мм), чем расстояние от глаза до документа (300-450 мм). Вообще при высоком качестве изображения на видеотерминале расстояние от глаз пользователя до экрана, документа и клавиатуры может быть равным.

Положение экрана определяется:

- расстоянием считывания (0,6...0,7 м);
- углом считывания, направлением взгляда на 20° ниже горизонтали к центру экрана, причем экран перпендикулярен этому направлению.

Должна также предусматриваться возможность регулирования экрана:

- по высоте +3 см;
- по наклону от -10° до $+20^\circ$ относительно вертикали;
- в левом и правом направлениях.

Большое значение также придается правильной рабочей позе пользователя.

При неудобной рабочей позе могут появиться боли в мышцах, суставах и сухожилиях. Требования к рабочей позе пользователя видеотерминала следующие:

- голова не должна быть наклонена более чем на 20° ,
- плечи должны быть расслаблены,
- локти - под углом $80^\circ \dots 100^\circ$,
- предплечья и кисти рук - в горизонтальном положении.

Причина неправильной позы пользователей обусловлена следующими факторами: нет хорошей подставки для документов, клавиатура находится слишком высоко, а документы - низко, некуда положить руки и кисти, недостаточно пространство для ног.

В целях преодоления указанных недостатков даются общие рекомендации: лучше передвижная клавиатура; должны быть предусмотрены специальные приспособления для регулирования высоты стола, клавиатуры и экрана, а также подставка для рук.

Существенное значение для производительной и качественной работы на компьютере имеют размеры знаков, плотность их размещения, контраст и соотношение яркостей символов и фона экрана. Если расстояние от глаз оператора до экрана дисплея составляет 60...80 см, то высота знака должна быть не менее 3 мм, оптимальное соотношение ширины и высоты знака составляет 3:4, а расстояние между знаками – 15...20% их высоты.

Соотношение яркости фона экрана и символов - от 1:2 до 1:15.

Во время пользования компьютером медики советуют устанавливать монитор на расстоянии 50-60 см от глаз. Специалисты также считают, что верхняя часть видеодисплея должна быть на уровне глаз или чуть ниже.

Когда человек смотрит прямо перед собой, его глаза открываются шире, чем когда он смотрит вниз. За счет этого площадь обзора значительно увеличивается, вызывая обезвоживание глаз. К тому же если экран установлен высоко, а глаза широко открыты, нарушается функция моргания. Это значит, что глаза не закрываются полностью, не омываются слезной жидкостью, не получают достаточного увлажнения, что приводит к их быстрой утомляемости.

Создание благоприятных условий труда и правильное эстетическое оформление рабочих мест на производстве имеет большое значение как для облегчения труда, так и для повышения его привлекательности, положительно влияющей на производительность труда.

5.5 Обеспечение электробезопасности на рабочем месте

По степени опасности поражения электрическим током помещение относится ко 2 классу(помещения с повышенной опасностью), так как на участке возможно прикосновение работающих к электрооборудованию и металлоконструкциям или инженерному оборудованию имеющему связь с землёй. К этой группе помещений относятся механические цеха и участки с нормальной температурой, влажностью без выделения пыли, но с токопроводящими полами.

В качестве средств защиты от поражения электрическим током необходимо использовать:

Защитное заземление - преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Защитному заземлению подлежат металлические части электроустановок, доступные для соприкосновения с ними человека и не имеющие других видов защиты.

5.6 Обеспечение пожарной безопасности на производственном участке, рабочем месте

Помещение участка относится к категории « В » по взрывопожарной и пожарной безопасности, т.к. в нем находятся сгораемые вещества (краска, смазки).

При возгорании в таких помещениях необходимо использовать в зависимости от класса пожара огнетушащие средства: класс «Е» (электроустановки) –порошковые огнетушители вместимостью 2(2)л; хладоновые огнетушители вместимостью 2 (3) л; углекислотные огнетушители вместимостью 5 (8)л, класс «А» (твердые горючие материалы) и «В» (плавящееся при нагревании материалы) - пена, порошки, распылённая вода. При тушении пожара класса «В» могут быть использованы стационарные автоматические установки пожаротушения.

Для ликвидации начинающихся очагов пожара силами персонала, помещения должны быть обеспечены по действующим нормам первичными средствами пожаротушения, пожарным ручным инструментом и пожарным инвентарем.

Помещение оборудовано охраннопожарной сигнализацией, извещающей органы пожарной охраны (предприятия, города) о пожаре и месте его возникновения - обеспечивается автоматической (при помощи датчиков-извещателей) или неавтоматической (нажатием кнопки) пожарной сигнализацией, а так же при помощи радио- и телефонной связи.

5.7 Экологическая экспертиза разрабатываемого объекта

Вредные выбросы в атмосферу отсутствуют ,т. к. нет ни каких продуктов горения.

Тепловое и электромагнитное излучение является не значительным, а шум не распространяется за пределы производственного помещения.

5.8 Инженерные расчёты

Расчет искусственного освещения.

Освещение рабочего места – важнейший фактор создания нормальных условий труда. Практически в производственных помещениях возникает необходимость освещения как естественным, так и искусственным светом.

1. Выбор типа источника света: так как температура в помещении не падает ниже 10⁰С, а напряжение в сети не падает ниже 90%, то отдаём предпочтение электрическим газоразрядным лампам.

Количество светильников:

$$N = (E * S * k * z) / (\Phi * \eta * P_{л}), \quad (5.1)$$

где E – минимальная нормируемая освещённость, лк;

S – площадь помещения, м²;

k – коэффициент запаса, учитывающий старение ламп, запыление и загрязнение светильников;

z – отношение средней освещённости к минимальной;

Φ – световой поток одной лампы, лм;

η – коэффициент использования светового потока;

$P_{\text{л}}$ – количество ламп в светильнике.

2. Определяем минимальную освещённость рабочего места.

Минимальная освещённость участка должна быть не менее 300 Лк, при общем освещении.

3. Коэффициент запаса для светильников: $k=1,5$ – для помещения общественных зданий и оборудованного газоразрядными лампами.

4. Коэффициент неравномерности освещения примем: $z=1,1$.

5. Тип лампы: газоразрядная люминесцентная ЛД 80-4, световой поток $\Phi=5300$ лм, мощность 80 Вт, продолжительность горения 10000 ч.

6. Индекс помещения

$$i = b \cdot l / [h \cdot (b+l)] \quad (5.2)$$

где b - ширина помещения, (3м);

l - длина помещения, (5м);

h - высота помещения, (3м).

$$i = 3 \cdot 5 / [3 \cdot (3+5)] = 0,64$$

7. Подбираем тип светильника, учитывая состав среды в помещении.

Так как помещение сухое нормальное, выбираем марку светильника ЛБ40-1

8. Выбираем коэффициент использования светового потока.

При индексе помещения $i = 0,64$, значение коэффициента использования светового потока светильников с люминесцентными лампами $\eta = 41\%$.

9. Необходимое количество светильников с учётом количества ламп в светильнике $P_{\text{л}} = 2$.

$$N = 300 \cdot (3 \cdot 5) \cdot 1.5 \cdot 1.17 / (5300 \cdot 0.41 \cdot 2) = 8 \text{ шт.}$$

10. После расчёта количества светильников для помещения делаем проектировочную схему расположения светильников и указываем расстояние от крайних светильников до стен (l); и расстояние между соседними светильниками (L) рис.5.2

Величину L – принимаем равной 3 метрам.

Величину l – принимаем равной 1 метру.

Расчёт системы вентиляции:

Определить потребный воздухообмен (W) из условий необходимости удаления из помещения выдыхаемого людьми углекислого газа- CO₂(G).

Условие задачи: В помещении работает 1 чел. (P). Работа лёгкая по степени физической тяжести. Пребывание постоянное.

Параметры, необходимые для решения задачи:

а) X₁– концентрация CO₂ в приточном воздухе г/кг, л/м³ : в городах 0.90; 0.60

б) X₂– допустимая концентрация CO₂ в воздухе помещений: постоянного пребывания людей 1.5;1.0

в) G_r– выдыхаемая концентрация; г/ч; л/ч : при легкой физической работе 45; 30

Решение.

$$W = G / (X_1 - X_2), \text{ м}^3/\text{ч} \quad (5.3)$$

$$G = G_r P = 45 \cdot 1 = 45 \text{ г/ч} \quad (5.4)$$

$$W = 45 / (1.5 - 0.9) = 75 \text{ м}^3/\text{ч} \quad (5.5)$$

Вывод: в помещение необходимо обеспечить воздухообмен не менее рассчитанного потребного (W=75 м³/ч).

5.9 Безопасность объекта при аварийных и чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация – состояние, при котором в результате возникновения источника, возникает угроза жизни, здоровью людей,

наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей среде.

В рабочем помещении используется два основных направления минимизации вероятности возникновения и последствия чрезвычайных ситуаций. Первое заключается в разработке технических и организационных мероприятий, уменьшающих вероятность реализации опасного поражающего потенциала современных технологических систем. Для этого технологические системы снабжают защитными устройствами – средствами взрыво - и пожарозащиты.

Второе направление заключается в подготовке объекта, обслуживающего персонала, служб ГО и населения к действиям в условиях чрезвычайных ситуаций, для создания которых нужны детальные разработки сценариев и возможных аварий и катастроф на конкретных объектах.

С целью осуществления контроля, за соблюдением мер безопасности оценки эффективности мероприятий, по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Она включает в себя следующие разделы:

- общая информация об объекте;
- анализ опасности промышленного объекта;
- обеспечение готовности промышленного объекта к ликвидации ЧС;
- информирование общественности;
- приложения, включающие план объекта и информационный лист.

5.10 Нормативы

В данном вопросе не предусмотрены нормативные акты.

Выводы: В рамках раздела “Безопасность и экологичность объекта“ были рассмотрены опасные и вредные производственные факторы и их воздействие на организм человека.

Были разработаны следующие организационные и технические мероприятия по созданию безопасных условий труда:

- 1) Обеспечение электробезопасности на участке исследования.

2)Обеспечение пожаробезопасности на участке исследования.

Также были произведены инженерные расчеты:

1)Расчет искусственного освещения.

2)Расчет механической вентиляции.

Спроектированная система освещения соответствует нормам освещенности помещения для выполнения исследований и работы за ПК данном участке. Инженерные расчеты показали, что в помещении необходимо обеспечить воздухообмен не менее рассчитанного.

6 Экономическое обоснование проекта

6.1 Цель проекта

Основным требованием, предъявляемым к гоночному автомобилю является способность эффективно преодолевать сопротивление воздуха.

Целью данной работы является проведение аэродинамических испытаний автомобиля, предназначенного для гонок серии Формула Студент. [6], [7]

6.2 Анализ изменяющихся показателей

Таблица 6.2.1 - Анализ влияния конструктивных изменений на показатели технико-экономических и социальных эффектов

№ п/п	Конструктивные изменения	Изменения экономических показателей	Изменения социальных показателей	Изменения технических показателей
1	Применение компьютерной модели	Увеличение стоимости проведения испытаний	Повышение качества собираемого материала	Повышение точности испытаний
2	Применение вентилируемых тормозных дисков	Уменьшение материалоемкости.	Уменьшение вибраций, улучшение комфорта	Уменьшение вероятности отказа из-за перегрева тормозов

В связи с изменениями некоторых элементов тормозной системы, в сфере производства предполагается увеличение материалоемкости и трудоёмкости в изготовлении. В сфере эксплуатации затраты изменятся незначительно, поэтому в расчёт при экономическом обосновании проектируемой конструкции приниматься не будут.

6.3 Перечень стадий и этапов выполнения НИОКР

Таблица 6.3.1-Определение ожидаемой трудоемкости

№ стадии	Наименование стадий	№ этапа	Содержание работы	Трудоемкость, чел /дн.				Численность работников, чел.
				T _{min}	T _{max}	T _{ож}	T _i	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Ознакомление с существующими конструкциями подвесок заданного класса	1.1.	Составление плана НИиОКР	1	3	2	2	1
		1.2.	Расчет плановой сметы предпроизводственных затрат	1	3	2	1	2
		1.3.	Оценка прогноза развития конструкции и технологии проектируемого объекта	1	3	2	2	1
		1.4.	Оценка современного уровня организации и технологии при изготовлении объекта	1	3	2	2	1
		1.5.	Анализ работ по проведению испытаний	2	3	2	2	1
2.	Разработка эскизного и технического проекта	2.1.	Конструирование структурной и принципиальной схем общего вида объекта.	3	5	4	4	1
		2.2.	Расчет основных параметров схем	2	3	2	1	2

		2.3.	Расчет и конструирование кузова	5	7	6	3	2
		2.4.	Изготовление опытного образца кузова	20	25	22	8	3
		2.5.	Составление программы испытаний.	1	2	1	1	2
3.	Проведение экспериментов и их анализ	3.1.	Испытание кузова и накопление статистики.	12	15	13	13	1
		3.2.	Построение графиков основных технических характеристик новой подвески	2	5	3	2	2
		3.3.	Анализ графиков и формулировка выводов и рекомендаций.	1	3	2	1	2
4.	Оформление результатов НИиОКР.	4.1.	Оформление и согласование отчетов.	3	5	4	4	1
		4.2.	Расчет экономического эффекта от использования объекта.	1	2	1	1	1
		4.3.	Определение областей применения объекта.	1	1	1	1	1
		4.4.	Непредвиденные работы.	2	2	2	2	1

Ожидаемая трудоемкость выполнения каждой работы и каждого этапа, чел-дн, рассчитывается по формуле:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} - 2t_{\max i}}{5}.$$

где $t_{\min i}$ - минимальная трудоемкость i -го этапа

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

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

Длительность каждого этапа, дн, определяется по формуле:

$$T_{эті} = \frac{t_{ожі}}{\tau_i},$$

где τ_i – численность исполнителей.

Суммарная длительность НИР, дн, определяется по формуле:

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m T_{эті}.$$

$$T_{\Sigma} = 50 \text{ дней}$$

Исходные данные по численности исполнителей и результаты расчетов заносятся в форму 1, выполняется табелирование работ. [7]

Таблица 6.4.1

№ Этапа	Численность исполнителей				T _{эті}	T _□
	Ст. инженер	Инженер	Лаборант	Всего		
1.1.	1			1	2	50
1.2.	1	1		2	1	
1.3.	1			1	2	
1.4.	1			1	2	
1.5.	1			1	2	
2.1.	1			1	4	

2.2.	1	1		2	1
2.3.	1	1		2	3
2.4.	1	1	1	3	8
2.5.	1	1		2	1
3.1.			1	1	13
3.2.		1	1	2	2
3.3.	1	1		2	1
4.1.		1		1	4
4.2.		1		1	1
4.3.	1			1	1
4.4.	1			1	2

Таблица 6.4.2 - Табелирование работ НИР

№ Этапа	Исполнитель		
	Ст. инженер	Инженер	Лаборант
1.1.	2		
1.2.	1	1	
1.3.	2		
1.4.	2		
1.5.	2		
2.1.	4		
2.2.	1	1	
2.3.	3	3	
2.4.	8	8	8
2.5.	1	1	
3.1.			13
3.2.		2	2
3.3.	1	1	

4.1.		4	
4.2.		1	
4.3.	1		
4.4.	2		
ИТОГО	30	22	23

6.5 Расчет сметы затрат на НИОКР

Расчет расходов на заработную плату научного и производственного персонала (НИОКР).

$$F_{\text{эф}} = F_{\text{раб.}} \cdot q \cdot n ,$$

где $F_{\text{раб.}}$ - число рабочих дней в году, $F_{\text{раб}} = 254$;

q - количество часов в смену, $q = 8$;

n - количество рабочих смен в день, $n = 1$.

$$F_{\text{эф}} = 254 \cdot 8 \cdot 1 = 2032$$

Расчет среднего количества рабочих дней в месяц (округляется до ближайшего большего целого числа):

$$D = F_{\text{эф}} / 12 \cdot q, \text{ дн.}$$

$$D = 2032 / 12 \cdot 8 = 21 \text{ дн}$$

Расчет времени работы $i^{\text{ого}}$ исполнителя:

$$K_{\text{исп.}i} = F_i / D, \text{ мес.}$$

$$K_{\text{исп.ст.инж.}} = 30 / 21 = 1,43 \text{ мес}$$

$$K_{\text{исп.инж}} = 22 / 21 = 1,05 \text{ мес}$$

$$K_{\text{исп.лбр}} = 23 / 21 = 1,1 \text{ мес}$$

Где: F_i – количество отработанных дней i -м исполнителем (берется из табеля учета рабочего времени – Табл.4.3).

Расчет заработной платы исполнителей с должностными окладами:

$$Z_{\text{итр.}} = K_{\text{исп.}i} * \text{Окл.} * N,$$

Где $K_{\text{исп.}i}$ – время работы i -го исполнителя, мес.

Окл. – должностной оклад i -го исполнителя, руб.

N – количество исполнителей, чел.

Расчет заработной платы исполнителей с должностными окладами сведен в таблицу 6.5.1.

Таблица 6.5.1 – Расчет заработной платы исполнителей⁵

Должность исполнителя	Кол-во исполнителей чел.	Средне-месячный оклад, руб.	Время работы, месяцы	Заработная плата, руб.
1. Ст. инженер	1	15000	1,43	21454
2. Инженер	1	13400	1,05	14070
3. Лаборант	1	8400	1,1	9240
Итого				44764

Расчет заработной платы производственных рабочих:

$$Z_{\text{пр.тар.}} = \sum(S_{\text{ст}i} * q * t_i), \text{ руб.}$$

Где $S_{\text{ст}i}$ - тарифная ставка $i^{\text{го}}$ рабочего;

q - продолжительность рабочего дня, час;

t_i – время работы $i^{\text{го}}$ рабочего, дн.

Расчет заработной платы производственных рабочих сведен в таблицу 6.5.2.

Таблица 6.5.2 - Расчет заработной платы производственных рабочих⁵

	Тарифная ставка,	Продолжительность ра-	Время работы,	Заработная плата,

Специальность	$S_{ст.}$, руб.	бочего дня, q час.	$t_{i,дн}$	Руб.
1. Студент-лаборант.	52,84	8	6	2536,32
2. Студент.	29,89	8	6	2869,44
Итого				5405,76

Расчет основной заработной платы производственных рабочих:

$$Z_{осн.} = Z_{пр.тар.} * (1 + K_{пр.}) \text{ руб.},$$

где: $K_{пр}$ - коэффициент премии, 24%

$$Z_{осн.} = 5405.76 * (1 + 0.24) = 6703.14 \text{ руб}$$

Расчет дополнительной заработной платы производственных рабочих:

$$Z_{доп.} = Z_{осн.} * K_{вып.}, \text{ руб.},$$

где : $K_{вып}$ - коэффициент выполнения работы, 10%

$$Z_{доп.} = 6703.14 * 0.1 = 670.31 \text{ руб}$$

Расчет заработной платы всех исполнителей:

$$Z_{исп.} = Z_{итр.} + Z_{осн.} + Z_{доп.}, \text{ руб.}$$

$$Z_{исп.} = 44764 + 6703.14 + 670.31 = 52137,45 \text{ руб}$$

Расчет отчислений в единый социальный фонд:

$$C_{соц.} = Z_{исп.} * K_{соц.}, \text{ руб.}$$

$$C_{соц.} = 52137,45 * 0.30 = 15641,24 \text{ руб}$$

где $K_{соц.}$ – коэффициент отчислений в единый социальный фонд,%,
принимается равным 30%

Расчет затрат на электроэнергию:

$$Сэл. = N_y * K_{исп} * T_{м.і} * n * (Цэл./60) * K_{заг}.$$

Где: N_y - мощность оборудования, кВт;

$K_{исп}$ - коэффициент использования;

$K_{заг}$ - коэффициент загрузки (принимается равным 0,98);

$T_{м.і}$ – машинное время работы $i^{ого}$ оборудования на один эксперимент

Цэл. – цена одного кВт*ч

n – количество экспериментов

Расчёт затрат на электроэнергию сведён в таблицу 7.6.

Таблица 6.5.3 – Расчет затрат на электроэнергию

Наименование оборудования	N_y , кВт	$K_{заг}$	$K_{исп.}$	$T_{м.і}$ Мин.	n эксп.	Цэл.,руб.	Сэл, Руб.
1.Стенд испытательный	5,5	0,98	0,8	15	60	2,41	22,64
2.Аналого-цифровой преобразователь	0,15		0,8				0,62
3.Компьютер	0,35		0,8				1,44
Итого:							24,70

Расчет амортизационных отчислений.

$$\sum C_{ам} = \frac{Соб.*Нам.*T_{м.і}}{F_{обор} * 100}, \text{руб.}$$

где: $F_{\text{обор.}}$ – годовой эффективный фонд времени работы оборудования, рассчитываемый по формуле:

$$F_{\text{обор.}} = F_{\text{раб.}} * q * K_{\text{загр.}}$$

$$F_{\text{обор.}} = 254 * 8 * 0,98 = 1991,4$$

$H_{\text{ам}}$ - амортизационные отчисления

$C_{\text{об}}$ - первоначальная стоимость оборудования с учетом транспортировки и монтажа;

$T_{\text{м.и.}}$ – общее время работы оборудования, которое рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{м.и.}} = D_{\text{обор}} * q * K_{\text{загр.}}$$

$$T_{\text{м.стенд.}} = 13 * 8 * 0,98 = 101,9$$

$$T_{\text{м.станция}} = 13 * 8 * 0,98 = 101,9$$

$$T_{\text{м.компьютер}} = 13 * 8 * 0,98 = 101,9$$

$F_{\text{раб.}}$ – число рабочих дней в году;

q – продолжительность смены, час

$K_{\text{загр.}}$ – коэффициент использования работы оборудования

$D_{\text{обор.}}$ – суммарное время работы оборудования, дней

Расчёт затрат на амортизацию сведен в таблицу 5.7.

Таблица 6.5.4 – Расчет амортизационных отчислений

Наименование оборудования	$C_{\text{об}}$, Руб.	$K_{\text{загр.}}$	$H_{\text{ам}}$	$t_{\text{м}}$, час	$F_{\text{обор.}}$, Час.	$C_{\text{ам}}$, Руб.
1.Стенд испытательный	450000	0,98	14,3	101,9	1991,4	3226,94
2.Датчики	25000		14,3	101,9	1991,4	179,27
3.Компьютер	45000		18,5	101,9	1991,4	417,47
Итого:						3823,68

Расчет накладных расходов:

$$С_{накл.} = З_{исп.} * K_{накл.}, \text{ руб.},$$

где: $K_{накл.}$ - коэффициент накладных расходов, 35%

$$С_{накл.} = 52137,45 * 0.35 = 18248,11 \text{ руб}$$

Определение капитальных затрат на проведение НИОКР.

По результатам расчетов составляется смета затрат для сравнения базовой и проектной технологии внедрения усовершенствованного кузова в производство и, для расчета себестоимости изготовления новой техники, определения цены. Результаты расчетов сводятся в таблицу 5.8.

Таблица 6.5.5 - Смета затрат на выполнение НИиОКР

№	Статьи	Обозначение	Сумма, руб.
	Текущие затраты, Ктек.		
1.	Материальные затраты, в т. ч.:		24,70
	- энергоносителей		24,70
2.	Фонд оплаты труда исполнителей		52137,45
3.	Отчисления в единый социальный фонд		15641,24
4.	Амортизационные отчисления		3823,68
5.	Накладные расходы		18248,11
	Итого:		89899,88
	2. Капитальные затраты, Ккап.		
1.	Стоимость приобретенного оборудования		495000
2.	Расходы на транспортировку и монтаж		148500
	Итого:		643500
	Всего предпроизводственных затрат,		733399,88

Спредпр.:		
-----------	--	--

6.6 Расчет затрат на производство изделия

Проектируемый гоночный автомобиль будет изготавливаться в единичных экземплярах, поэтому мы будем рассчитывать только цеховую себестоимость изготовления усовершенствованного кузова.

Себестоимость изготовления рассчитывается по формуле:

$$C_{\Pi}^{\text{н}} = C_{\Pi}^{\text{б}} + \Sigma C_{\Pi}^{\text{нов}} + \Sigma C_{\Pi}^{\text{изм}} + \Sigma C_{\Pi}^{\text{пок}} - \Sigma C_{\Pi}^{\text{нен}}$$

Где:

$C_{\Pi}^{\text{б}}$ - себестоимость изготовления базовой конструкции;

$\Sigma C_{\Pi}^{\text{нов}}$ - суммарная себестоимость изготовления новых деталей;

$\Sigma C_{\Pi}^{\text{изм}}$ - суммарная себестоимость изготовления изменённых деталей

$\Sigma C_{\Pi}^{\text{пок}}$ - суммарная себестоимость покупных изделий, применяемых в новой конструкции;

$\Sigma C_{\Pi}^{\text{нен}}$ - суммарная себестоимость изготовления деталей базовой конструкции, не применяемых в проектируемой.

6.7 Исходные данные для расчёта затрат в производстве

Нормативная калькуляция себестоимости кузова. (На январь 2015г.).

Таблица 6.7.1 – Калькуляция базового кузова

№ п/п	Статьи затрат	Стоимость, руб.	Процент отчислений, %
1	Сырьё и материалы	4354	
2	Покупные изделия	5541	
3	Возвратные отходы	60,6	
4	Топливо и энергия	360,4	81
5	Заработная плата основная	444,9	100

6	Заработная плата дополнительная	27,14	6,1
7	Отчисления на социальные нужды	137,9	39
8	Износ спецодежды	250,48	56,3
9	Потери от брака	117,5	26,4
10	Содержание и эксплуатация оборудования	1291,9	290,4
11	Цеховые расходы	688,7	154,8
12	Цеховая себестоимость	13274,5	

Из нормативной калькуляции определяем коэффициент отчислений на статьи затрат и сводим их в таблицу 6.2. Формулы для определения процентов отчислений на статьи затрат:

- процент отчисления на топливо и энергию: $K_{т.и.э.} = (Z_{т.и.э.} / Z_0) \cdot 100\%$

- процент отчисления на дополнительную заработную плату:

$$K_d = (Z_d / Z_0) \cdot 100\%$$

- процент отчисления на социальные нужды:

$$K_{с.н.} = (O_c / Z_0 + Z_d) \cdot 100\%$$

- процент отчисления на износ спецодежды:

$$K_{и.с.о.} = (P_{и.с.о.} / Z_0) \cdot 100\%$$

- процент отчисления на потери от брака: $K_{бр.} = (Z_{бр.} / Z_0) \cdot 100\%$

- процент отчисления на содержание и эксплуатацию

оборудования: $K_{сод. об.} = (P_{сод. об.} / Z_0) \cdot 100\%$

- процент отчисления на цеховые расходы: $K_{ц.} = (H_{ц.} / Z_0) \cdot 100\%$

6.8 Расчёт суммарной себестоимости изготовления ненужных деталей

Таблица 6.8.1 - Ненужные детали

№ п/п	Сборочные единицы, детали	Стоимость, руб.
1	Кронштейн опоры в сборе	1003,52

2	Металлический патрубок	303,9
3	Кронштейн	153,4
4	Трубка	492,47
5	Болт 170060282 (6 шт)	124,6
6	Гайка 170042139 (6 шт)	34,21
7	Стальная гайка опоры пружины с резиновой прокладкой в сборе	168,27
8	Комплект тормозных суппортов	2981
	$\Sigma C_{\text{неч.п}}$	6171,87

$\Sigma C_{\text{неч.п}} = 6171,87$ руб.

6.9 Расчёт суммарной себестоимости покупных изделий, применяемых в новой конструкции

Таблица 6.9.1 - Перечень покупных изделий и их стоимость.

№ п/п	Покупные изделия	Количество	Стоимость, руб.
1	Датчики колебаний	1	6250
2	Электрические коннекторы	4	310
3	Провода	2	257,51
4	Кольцо 1А32	4	7,89

Суммарная себестоимость покупных изделий, применяемых в новой конструкции:

$\Sigma C_{\text{пок.п}} = 6250 + 310 + 257,51 + 47,89 = 6825,4$ руб.

6.10 Расчёт цеховой себестоимости изготовления новых деталей

Рассчитаем цеховую себестоимость изготовления резиновых защитных чехлов

Расчёт проведём по формуле:

$$C_{\text{п}}^{\text{изг.}} = M + \Pi_{\text{и}} + Z_{\text{т.и.э.}} + Z_{\text{о}} + Z_{\text{д}} + O_{\text{с.н.}} + Z_{\text{и.с.о.}} + \Pi_{\text{б}} + P_{\text{с.об.}} + H_{\text{ц.}}$$

Где:

M – затраты на материалы;

$\Pi_{\text{и}}$ – стоимость покупных изделий;

$Z_{\text{т.и.э.}}$ – затраты на топливо и энергию;

$Z_{\text{о}}$ – заработная плата основная;

$Z_{\text{д}}$ – заработная плата дополнительная;

$O_{\text{с.н.}}$ – отчисления на социальные нужды;

$Z_{\text{и.с.о.}}$ – затраты на износ спецодежды;

$\Pi_{\text{б}}$ – потери от брака;

$P_{\text{с.об.}}$ – расходы на содержание оборудования;

$H_{\text{ц.}}$ – накладные цеховые расходы;

а) Расчёт затрат на материалы:

$$M = Q_{\text{м}} \cdot C_{\text{м}} (1 + (K_{\text{т.з.р.}} / 100)) - Q_{\text{в.о.}} \cdot C_{\text{в.о.}}$$

Где:

$C_{\text{м}} = 500$ руб/кг – оптовая цена на материал;

$Q_{\text{м}} = 0,5$ кг – расход материала;

$K_{\text{т.з.р.}} = 2$ % - процент транспортно-заготовительных отчислений;

$C_{\text{в.о.}} = 51,2$ руб/кг – внутризаводская цена возвратных отходов;

$Q_{\text{в.о.}} = 0,032$ – количество возвратных отходов;

Отсюда получаем:

$$M = 500 \cdot 0,5 (1 + (2/100)) - 51,2 \cdot 0,032 = 253,4 \text{ руб.}$$

б) Расчёт статьи затрат – зарплата основная. Расчёт ведём по формуле:

$$Z_{\text{о}} = C_{\text{г}} \cdot t (1 + (K_{\text{п.д.}}/100))$$

$C_T = 94,12$ руб – часовая тарифная ставка для станочника 6-го разряда по данным ПЭО МСП ВАЗа и ОТиЗ ВАЗа.

$t = 0,26$ н/час – трудоёмкость изготовления;

$K_{п.д} = 40\%$ - процент премиальных доплат;

Отсюда получаем:

$$Z_0 = 94,12 * 0,26 * (1 + (40/100)) = 34,621 \text{ руб.}$$

в) Расчёт статьи затрат – покупные изделия не ведём, так как их нет.

г) Расчёт статьи затрат – затраты на топливо и энергию:

$$Z_{т.и.э.} = (Z_0 / 100) \cdot K_{т.и.э.} = (34,621/100) \cdot 81 = 28 \text{ руб.}$$

д) Расчёт статьи затрат – заработная плата дополнительная:

$$Z_{д.} = (Z_0 / 100) \cdot K_{д.} = (34,621/100) \cdot 6,1 = 2,11 \text{ руб.}$$

е) Расчёт статьи затрат – отчисления на социальные нужды:

$$O_{с.н.} = ((Z_0 + Z_{д.})/100) \cdot K_{с.н.} = ((34,621+2,11)/100) \cdot 30 = 11,38 \text{ руб.}$$

ж) Расчёт статьи затрат – износ спецоснастки:

$$Z_{и.с.о.} = (Z_0 / 100) \cdot K_{и.с.о.} = (34,621/100) \cdot 56,3 = 19,5 \text{ руб.}$$

з) Расчёт статьи затрат – потери от брака:

$$П_{б.} = (Z_0 / 100) \cdot K_{б.} = (34,621/100) \cdot 26,4 = 9,13 \text{ руб.}$$

и) Расчёт статьи затрат – затраты на содержание и эксплуатацию оборудования:

$$P_{с.об.} = (Z_0 / 100) \cdot K_{с.об.} = (34,621/100) \cdot 290,4 = 100,5 \text{ руб.}$$

к) Расчёт статьи затрат – накладные цеховые расходы:

$$H_{ц.} = (Z_0 / 100) \cdot K_{ц.} = (34,621/100) \cdot 154,8 = 53,6 \text{ руб.}$$

Отсюда себестоимость изготовления резиновых защитных чехлов:

$$C_{изг. п.} = 253,4 + 34,621 + 28 + 2,11 + 11,38 + 19,5 + 9,13 + 100,5 + 53,6 = 512,2 \text{ руб.}$$

6.11 Себестоимость цеховая изготовления проектируемого кузова

Получаем цеховую себестоимость:

$$C_{п.}^н = 13274,5 - 6171,87 + 5852,23 + 28426,32 + 512,2 = 41893,38 \text{ руб.}$$

Экономический результат от проектирования нового кузова для автомобиля

Формула Студент с улучшенными аэродинамическими характеристиками.

$$\Delta_p = C_p^o - C_p^h = 13274,5 - 41893,38 = -28618,88 \text{ руб.}$$

Произведенный расчет показал, что в сфере изготовления кузова происходит удорожание, что в данном случае не важно, так как речь идет об автомобиле, выпускаемом в единичном экземпляре. В сфере эксплуатации изменились следующие показатели:

- улучшилась аэродинамика автомобиля;
- уменьшилось время разгона;

Таблица технико-экономических показателей выведена на лист «Экономические показатели» и в табл. 6.11.1.

Таблица 6.11.1 - Нормативная калькуляция себестоимости кузова Формула Студент (на январь 2015г.)

№ п/п	Статьи затрат	Стоимость, руб.	Процент отчислений, %
1	Сырьё и материалы	253,4	0,60
2	Покупные изделия	41673,82	99,48
3	Стоимость измененных деталей	5852,23	13,97
4	Возвратные отходы	6171,87	14,73
5	Топливо и энергия	28	0,07
6	Заработная плата основная	34,62	0,08
7	Заработная плата дополнительная	2,11	0,01
8	Отчисления на социальные нужды	11,38	0,03
9	Износ спецодежды	19,5	0,05
10	Потери от брака	9,13	0,02
11	Содержание и эксплуатация оборудования	100,5	0,24
12	Цеховые расходы	53,6	0,13
	Цеховая себестоимость	41893,38	100,00

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом проведенной работы является анализ внешней аэродинамики спортивного автомобиля класса «Формула Студент», разрабатываемой в настоящее время командой студентов ТГУ. Анализ заключается в исследовании значений аэродинамических характеристик аэродинамического обвеса, (диффузор днища, переднее и заднее антикрыло) для улучшения эксплуатационных показателей спортивного болида, таких как динамичность разгона, экономичности, равномерного движения на высоких скоростях. Данное научное исследование позволяет сконструировать полноразмерный аэродинамический обвес для спортивного болида, который позволит вывести команду ТГУ на новый уровень. Выполненная в ходе дипломного проектирования работа по исследованию внешней аэродинамики спортивного болида соответствует тенденциям развития конструкции современных спортивных автомобилей, оборудованных аэродинамическим обвесом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вахламов, В. К. Автомобили : конструкция и эксплуатационные свойства : учеб. пособие для вузов / В. К. Вахламов. - М. : Академия, 2009. - 480 с. : ил. - (Высш. проф. образование. Транспорт). - Библиогр.: с. 475. - ISBN 978-5-7695-4202-2:
2. Иванов, А.М. Основы конструкции современного автомобиля. -М: ООО «Изд. «За рулем», 2012.-336с. ISBN 878-5-903813-06-03.
3. Вахламов, В. К. Конструкция, расчет и эксплуатационные свойства автомобилей : учеб. пособие / В. К. Вахламов. - Гриф УМО. - Москва: Академия, 2007. - 557 с. : ил. - (Высшее профессиональное образование). - Библиогр.: с. 551. - ISBN 978-5-7695-3793-6: 323-00
4. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля: Учебн. Пособие/Сост. Черепанов Л.А. – Тольятти: ТГУ, 2001. – 40с..
5. Лукин П. П. Конструирование и расчет автомобиля: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автомобили и тракторы» / П. П. Лукин, Г. А. Гаспарянц В. Ф. Родионов – М.: Машиностроение, 1984. – 376 с.
6. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. –33
7. Технический регламент «Формула студент 2017»
8. Черепанов, Л.А. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля [Текст] / Л.А. Черепанов; Учебное пособие. Тольятти: ТолПИ, 2001. – 40 с.
9. Исаев, Е.У Проектирование автомобиля: учебное пособие / [Текст] / Е.У.
10. Исаев, Н.С. Соломатин, Б.В. Кисуленко, В.М. Карпов [и др.] Тольятти: изд-во ТГУ, 2003. – 260 с.:пер.
11. Кудрявцев, С.М. Основы проектирования, производства и материалы кузова современного автомобиля: монография [Текст] / С.М. Кудрявцев,

- Г.В. Пачурин, Д.В. Соловьев, [и др.]; под общей редакцией С. М. Кудрявцева. – Н. Новгород, 2010. – 236 с.
12. Лукин, П.П. Конструирование и расчет автомобиля: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автомобили и тракторы» [Текст] / П.П. Лукин, Г.А. Гаспарянц, В.Ф.Родионов. – М. : Машиностроение, 1984. –376 с.
13. Кузнецов, Б.А Краткий автомобильный справочник. – 10-е изд [Текст] / Б.А. Кузнецов. – М. : Транспорт, 1984. – 220 с.
14. Гришкевич, А.И. Конструкция, конструирование и расчет автомобиля: учеб. пособие [Текст] / А.И. Гришкевич, В.А.Вавуло, А.В. Карпов. – Мн. : Выш. шк., 1987. – 240 с.
15. Гаспарянц, Г. А. Конструкция, основы теории и расчета автомобиля [Текст] / Г.А. Гаспарянц. – М. :Машиностроение, 1978. – 351 с.
16. Вишняков, Н.Н. Автомобиль: Основы конструкции 2 изд-е [Текст] / Вишняков Н.Н, Вахламов В.К, Нарбут А.Н. – М. :Машиностроение, 1986. – 304 с.
17. Родионов, В.Ф. Легковые автомобили [Текст] / В.Ф. Родионов, Б.А. Фиттерман. – М. : Машиностроение, 1973. – 490 с.
18. Раймпель, Й. Шасси автомобиля [Текст] / Й. Раймпель. – М. :Машиностроение, 1983. – 356 с.
19. Пройкшат, А. Шасси автомобиля: Типы приводов [Текст] / А. Пройкшат. – М. : Машиностроение, 1989. – 232 с.
20. Ротенберг, Р.В. Подвеска автомобиля [Текст] / Р.В.Ротенберг. – М.: Машиностроение, 1972. – 392 с.
21. Аэродинамика автомобиля / Под редакцией В.-Г. Гухо. Машиностроение, 1986.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Графики тягово-динамического расчета
Внешняя скоростная характеристика двигателя

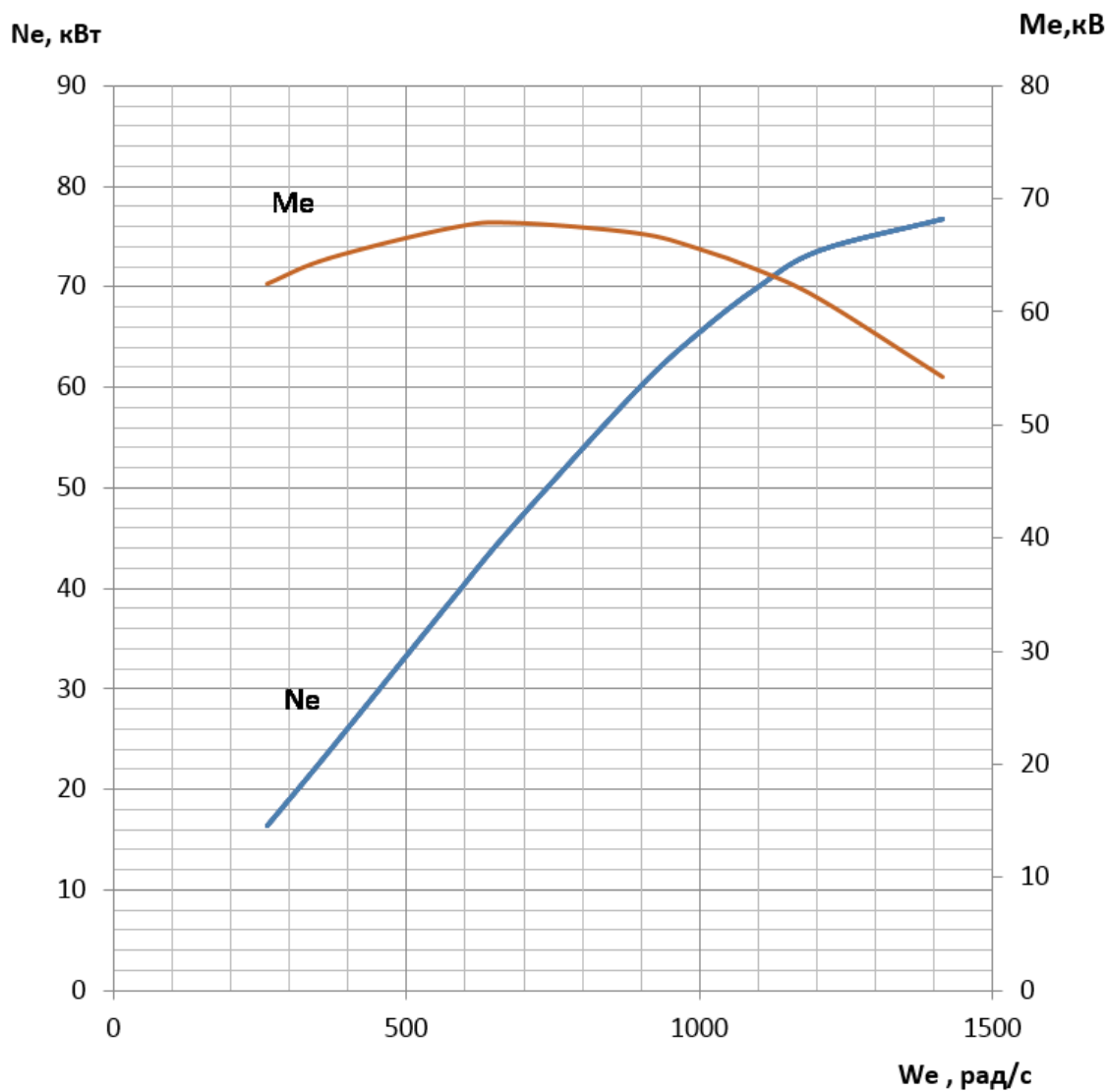


Рисунок А.1

Тяговый баланс автомобиля

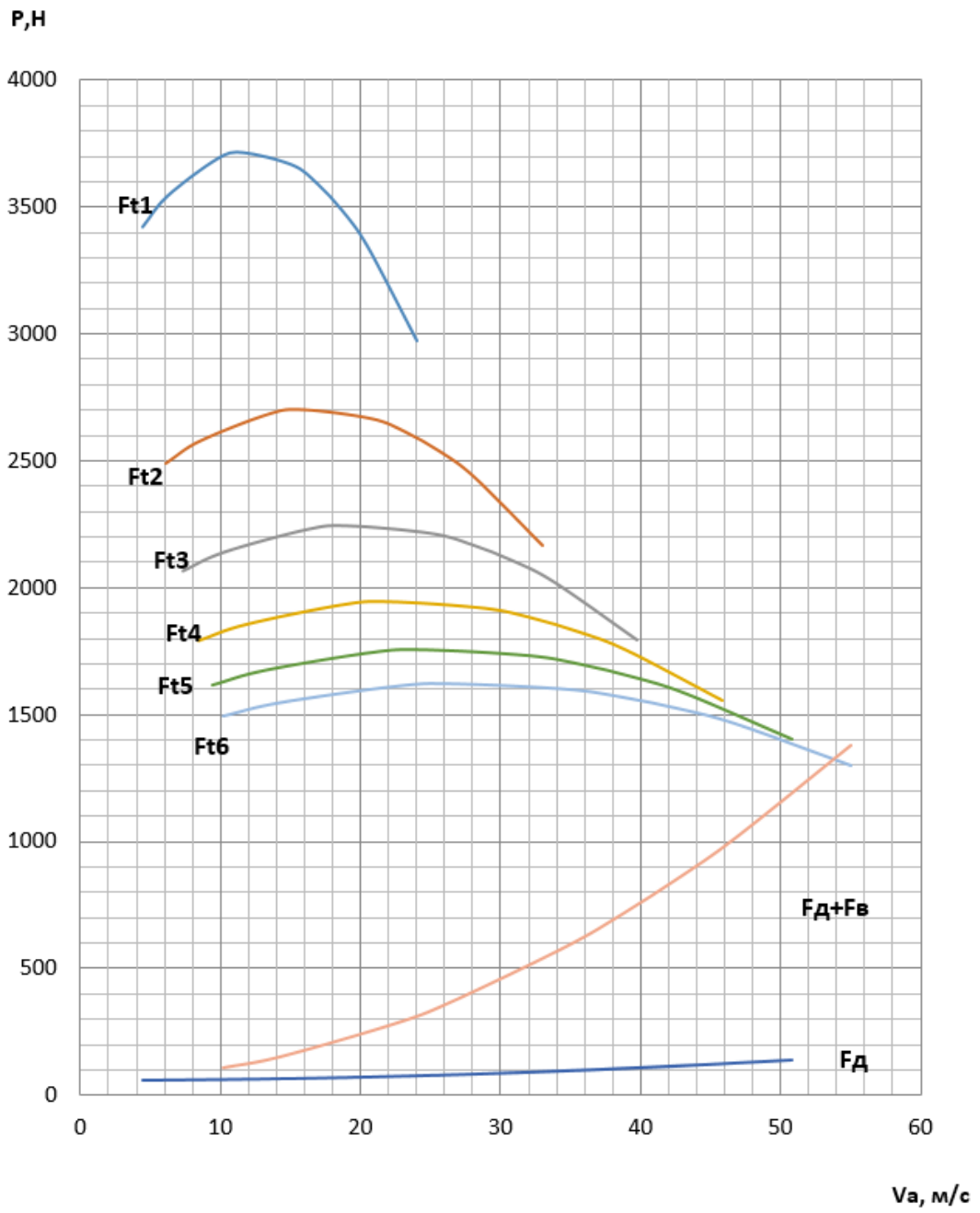


Рисунок А.2

Динамическая характеристика автомобиля

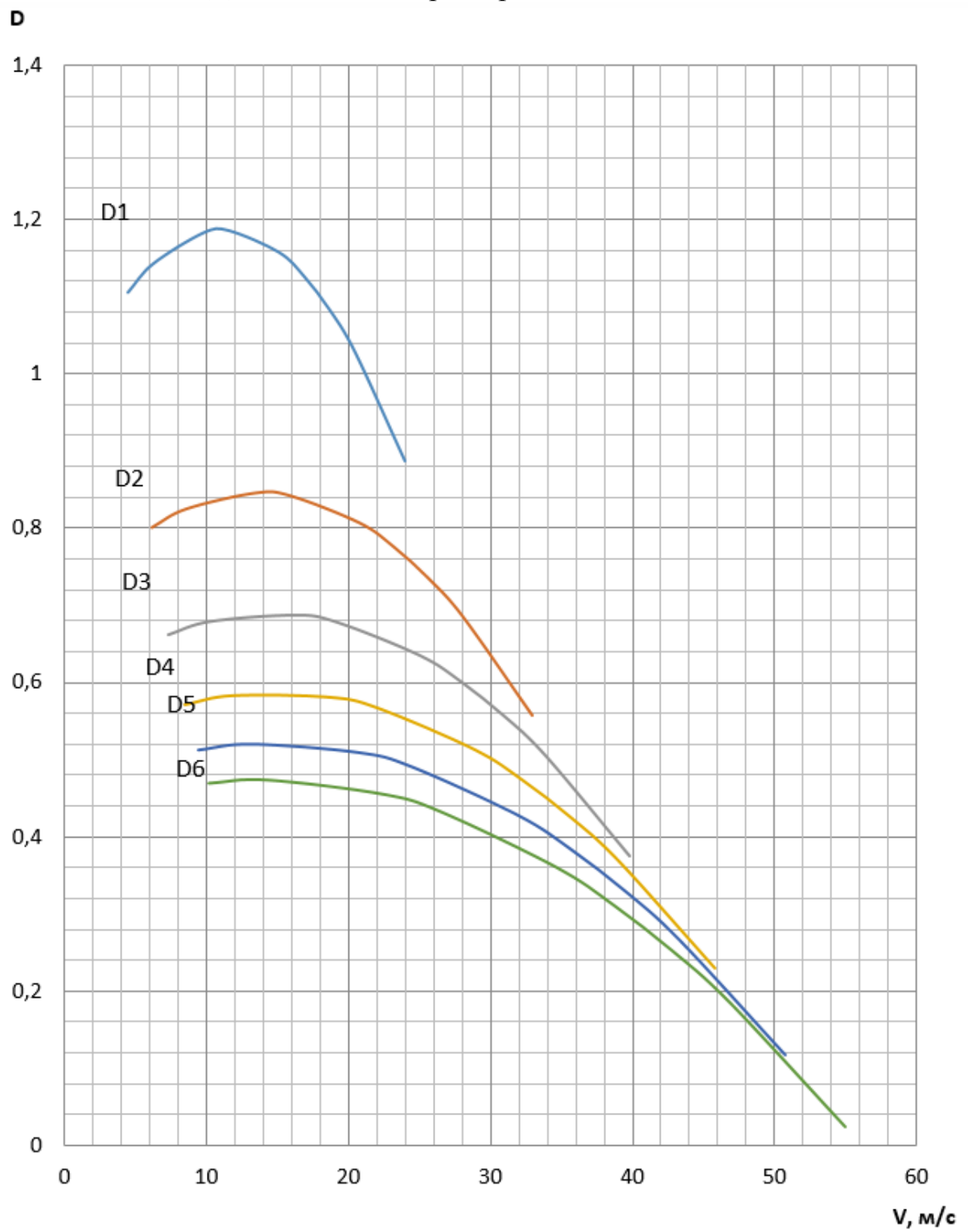


Рисунок А.3

Ускорение автомобиля

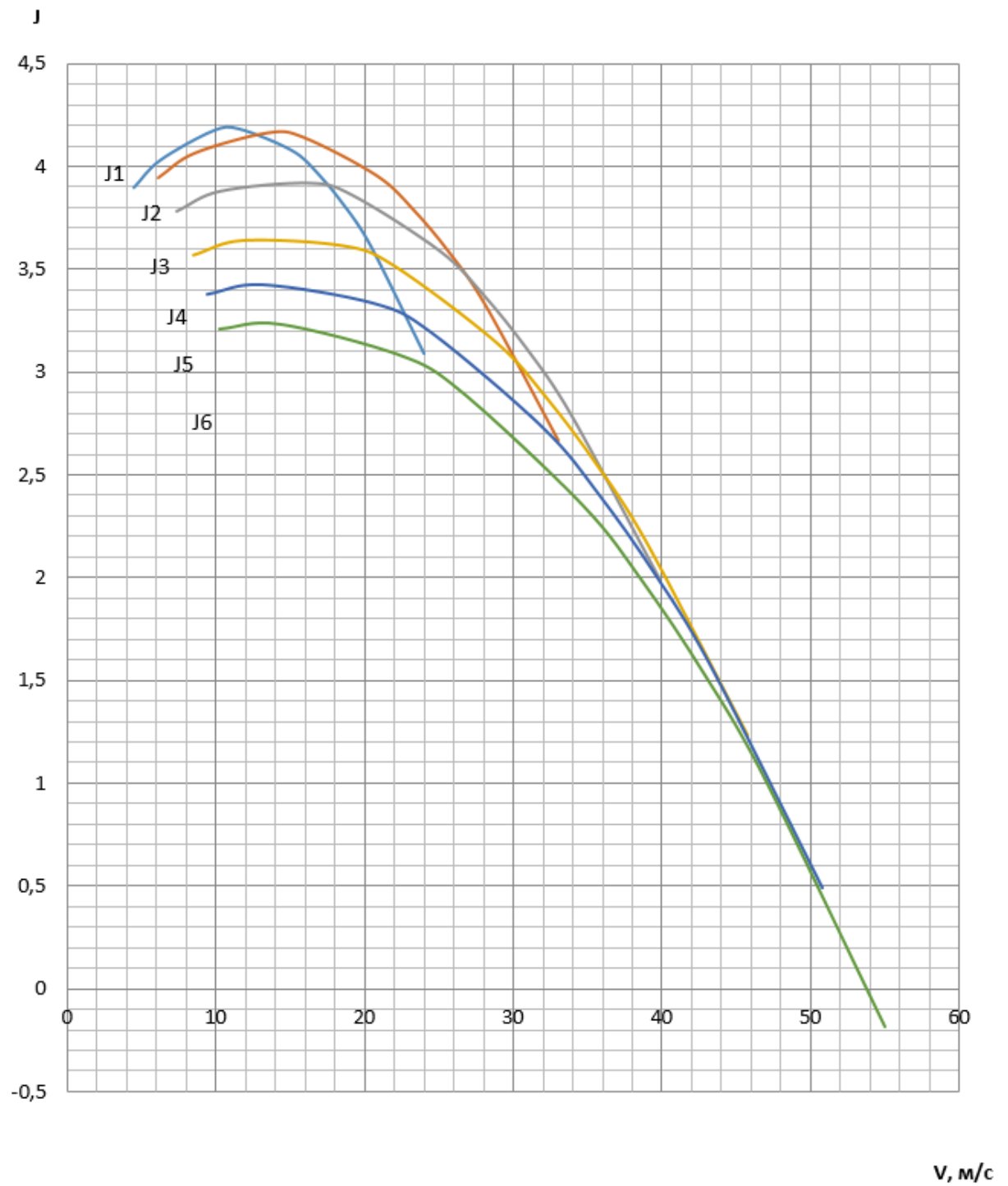


Рисунок А.4

Обратные ускорения автомобиля

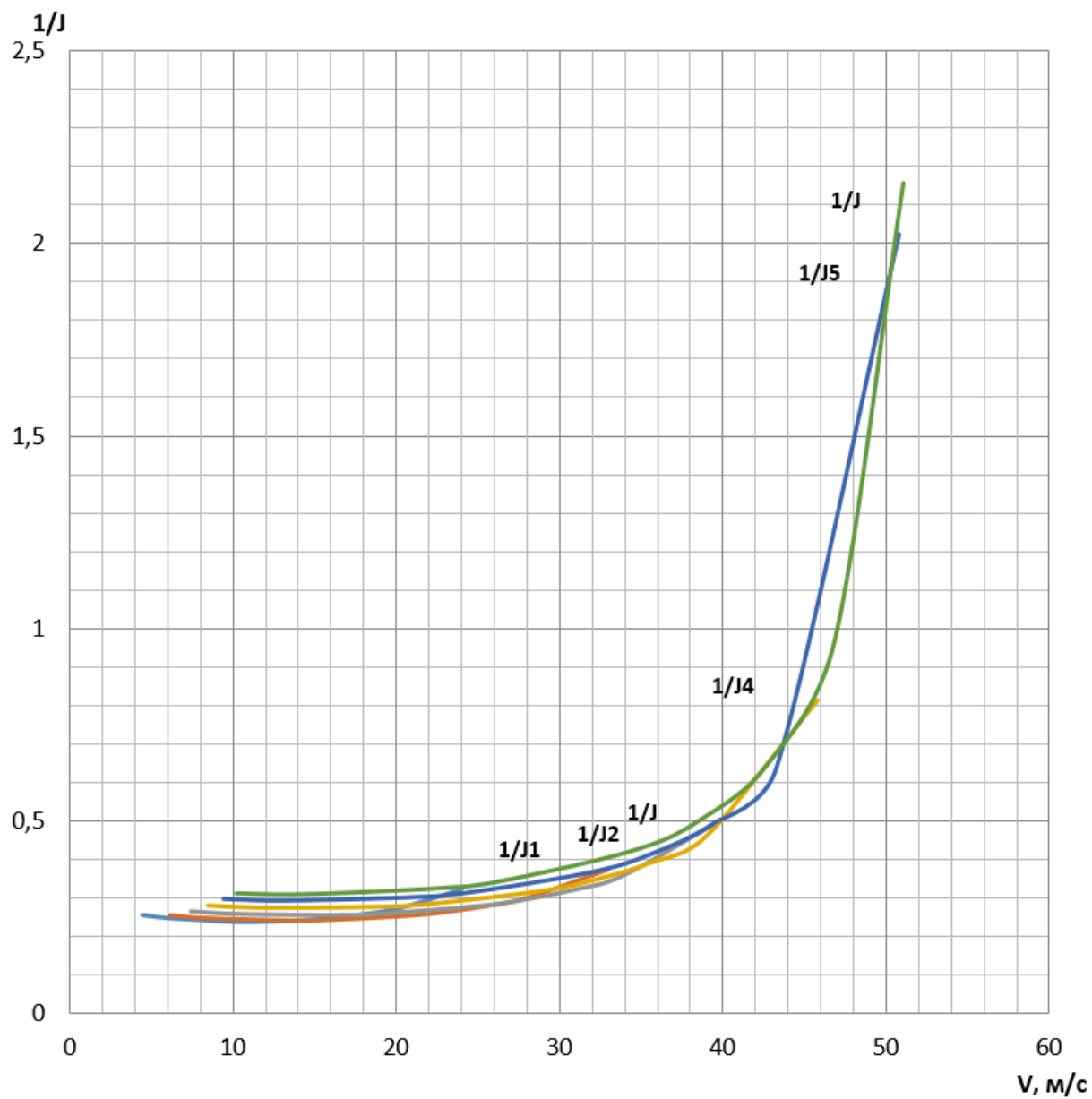
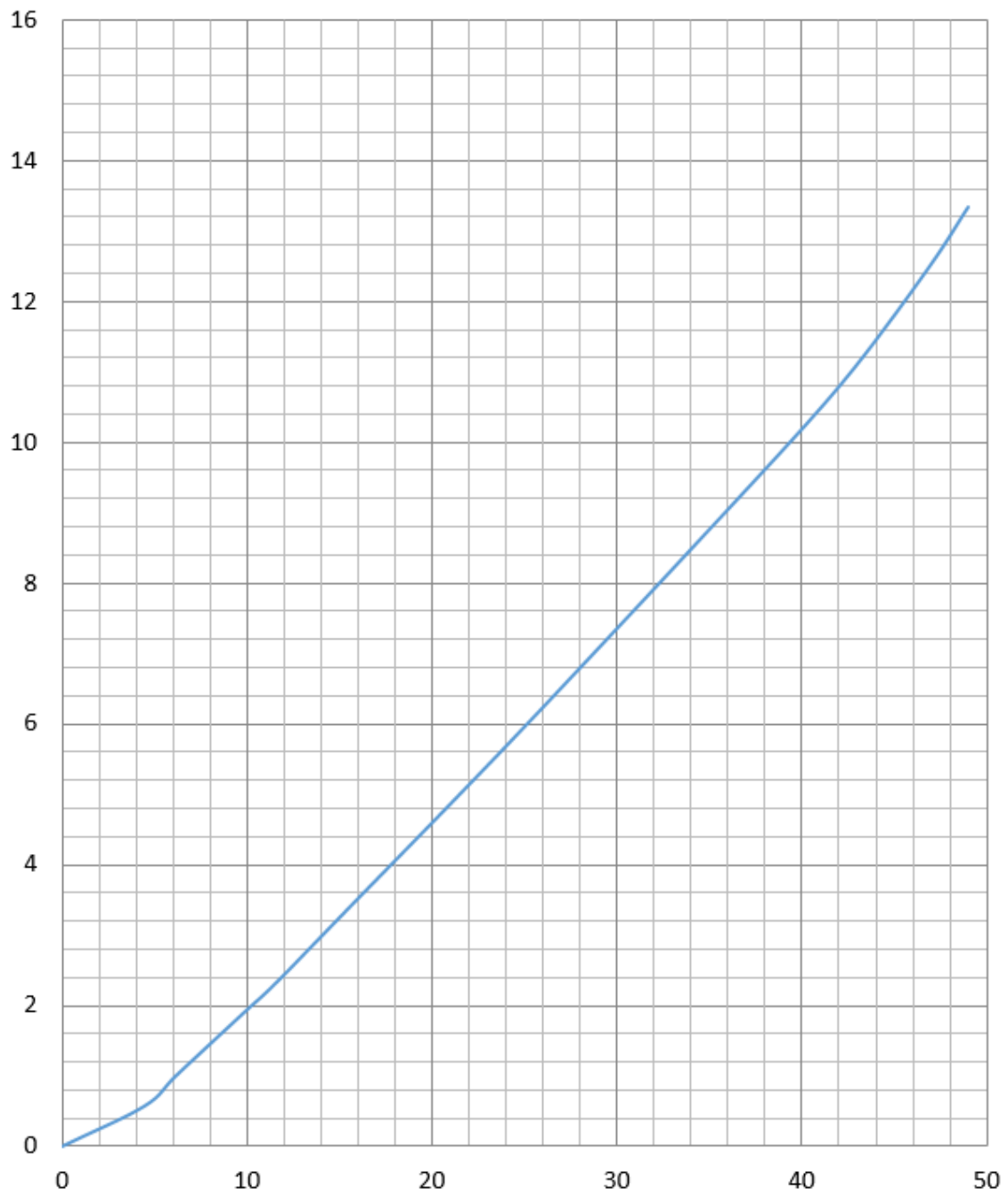


Рисунок А.5

Время разгона автомобиля

t, с



V, м/с

Рисунок А.6

Путь разгона автомобиля

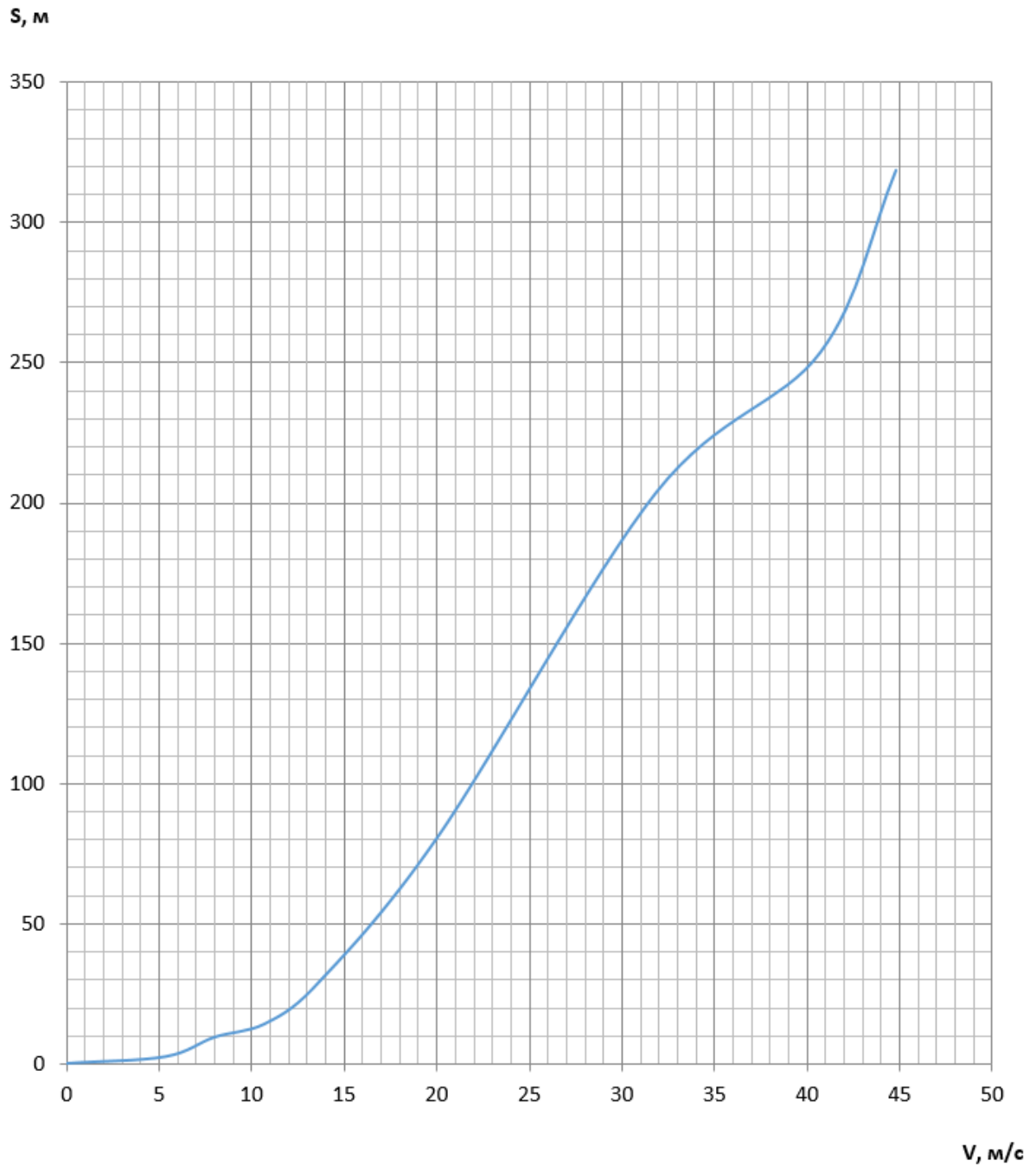


Рисунок А.7

Мощностной баланс

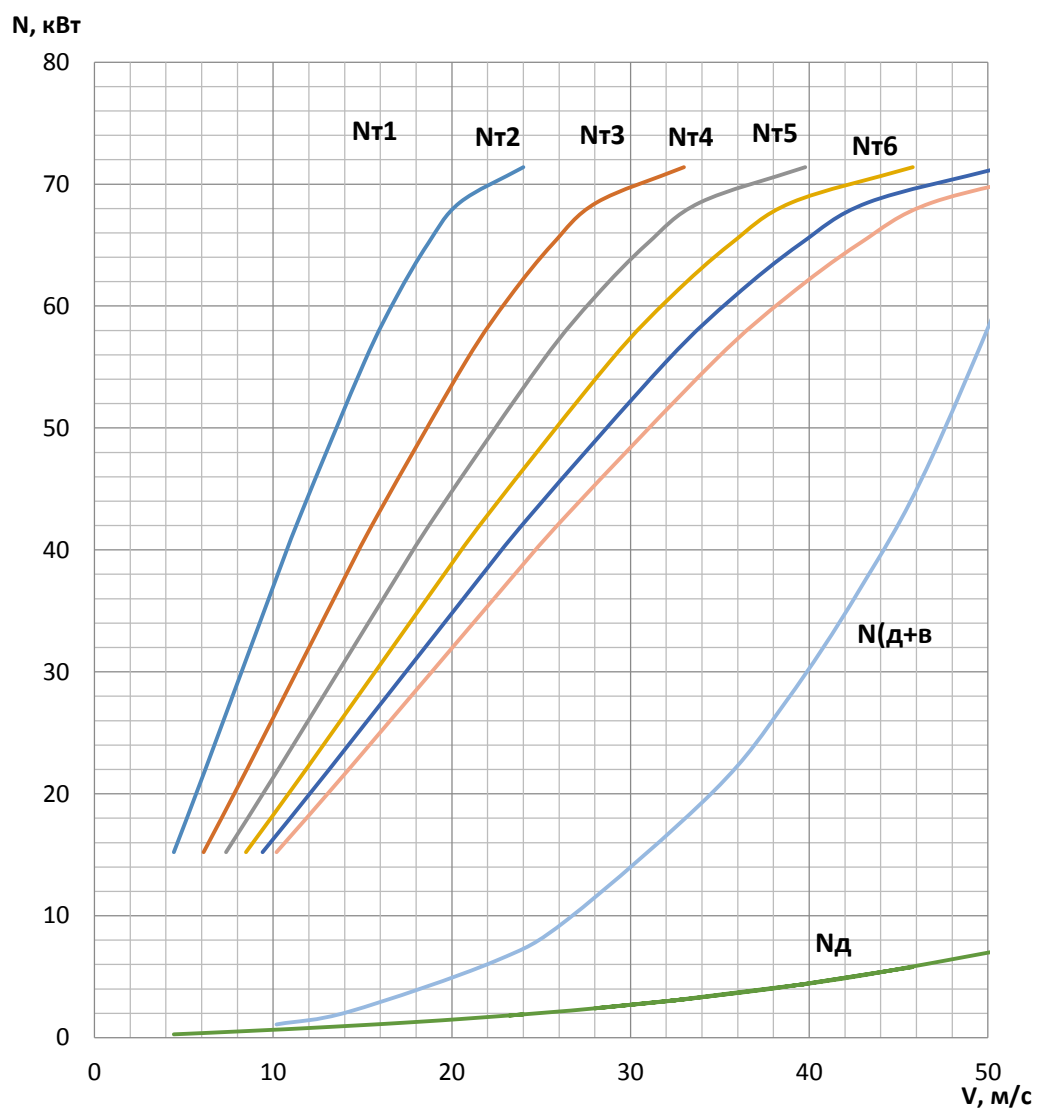


Рисунок А.8

Путевой расход топлива

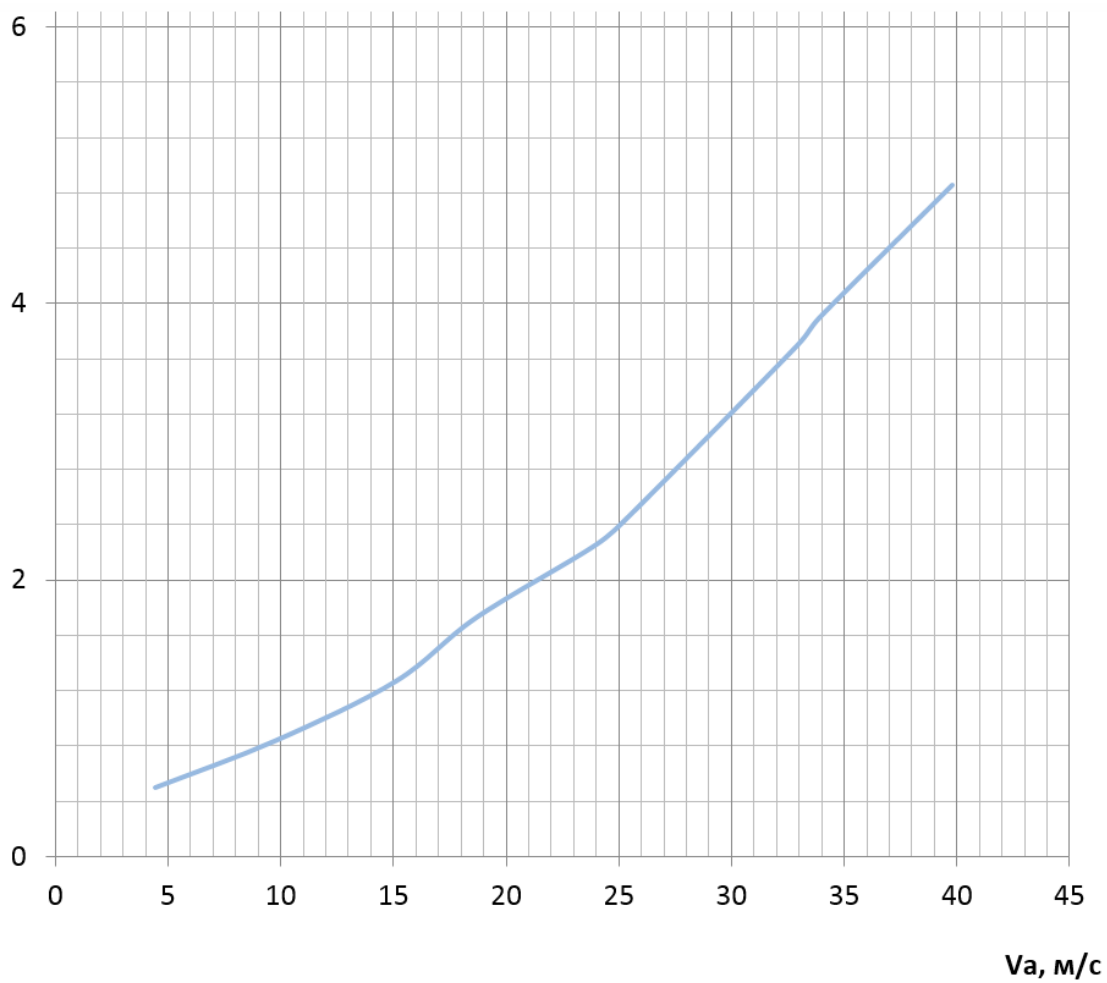


Рисунок А.9

