

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

На тему: Стенд для исследования на крутильную и изгибную жёсткость спортивного болида Formula Student

Студент

И.А. Тентяков

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., профессор Л.А. Черепанов

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

Консультанты

доцент И.В. Дерябин

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

ст. преподаватель О.А. Головач

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

к.т.н., доцент А.В. Бобровский

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

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

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

Тольятти 2022

Аннотация

Тема дипломного проекта “Разработка стенда на изгибную и крутильную жесткость болида Formula Student”.

Первая часть этого проекта посвящена испытаниям, которые проводятся на кузове автомобиля, а именно: испытания несущего кузова с динамическим нагружением; испытания на герметичность; испытания методом столкновения с неподвижным препятствием; методом наезда сзади; методом бокового удара; методом поперечного опрокидывания; испытания на изгиб и на кручение. Описывается характер и особенность проведения перечисленных испытаний. Так же приведено теоретическое исследование крутильной и изгибной жесткости кузова автомобиля. Раздел состоит из 15 страниц, 7 рисунков и 1 таблицы.

Во второй части проводится тягово-динамический расчет для электробоида «Formula Student», состоящий из 17 листов, 9 таблиц и 9 графиков.

В третьем разделе разрабатывается технологическая схема сборки стенда, составляется список сборочных работ, разрабатываются чертежи стенда для испытаний рамы электробоида на крутильную и изгибную жесткость. Производство стенда предназначено не для серийного выпуска, а для единичного.

Выбранная форма производства соответствует нормативным требованиям безопасности и экологичности технического объекта.

В разделе экономической эффективности производится расчет стоимости изготовления стенда, затраты на проведение необходимых работ, расходы на материалы и сборочные работы, его экономическую выгоду.

Выпускная квалификационная работа (дипломный проект) состоит из пояснительной записки из 77 страниц, 27 таблиц и 18 рисунков, включающей в себя 5 разделов, заключение, список используемой литературы и списка используемых источников и 10 чертежей формата А1.

Abstract

The topic of the graduation project is "The development of a stand for bending and torsional rigidity of the Formula Student car".

The first part of this project is devoted to tests that are carried out on the car body, namely: tests of the load-bearing body with dynamic loading; leakproofness tests; tests by collision with a stationary obstacle; rear-end collision method; side impact method; transverse rollover method; bending and torsion tests. The nature and peculiarity of the listed tests are described. A theoretical study of the torsional and bending stiffness of the car body is also given.

In the second part, a traction-dynamic calculation is carried out for the electric car "Formula Student".

In the third section, a technological scheme for the assembly of the stand is developed, a list of assembly works is compiled, drawings of the stand for testing the frame of the electric car for torsional and bending stiffness are developed. The production of the stand is not intended for serial production, but for a single one.

The chosen form of production meets the regulatory requirements for safety and environmental friendliness of the technical facility.

In the economic efficiency section, the cost of manufacturing the stand, the costs of carrying out the necessary work, the costs of materials and assembly work, its economic benefits are calculated.

The final qualifying work (diploma project) consists of an explanatory note, which includes 5 sections, a conclusion, a list of references and 10 drawings in A1 format.

Содержание

Введение.....	7
1 Состояние вопроса.....	8
1.1 Теоретическое исследование крутильной и изгибной жесткости	8
1.2 Стендовые испытания кузова автомобиля.....	11
1.2.1 Испытание несущего кузова на стенде с динамическим нагружением.....	11
1.2.2 Испытание кузова автомобиля на герметичность.....	13
1.3 Испытание на пассивную безопасность автомобиля.....	14
1.3.1 Испытание методом столкновения с неподвижным препятствием.....	14
1.3.2 Испытание методом наезда сзади.....	16
1.3.3 Испытания методом бокового удара.....	16
1.3.4 Испытания методом поперечного опрокидывания.....	17
1.3.5 Испытание на изгиб.....	18
1.3.6 Испытание на кручение.....	19
2 Конструкторская часть.....	23
2.1 Тягово-динамический расчет болида Formula Student.....	23
2.1.1 Исходные данные.....	23
2.1.2 Подготовительная часть тягово-динамического расчета.....	23
2.1.3 Внешняя скоростная характеристика (ВСХ) двигателя.....	26
2.1.4 Передаточное число главной передачи.....	28
2.1.5 Тяговый баланс автомобиля.....	29
2.1.6 Динамическая характеристика болида.....	31
2.1.7 Разгон автомобиля.....	32

2.1.8	Мощностной баланс болида.....	38
2.2	Анализ полученных данных.....	39
3	Технологическая часть.....	40
3.1	Технология сборки.....	40
3.2	Порядок проведения испытаний.....	43
4	Экономическое обоснование и эффективность.....	48
4.1	Краткая характеристика сравниваемых вариантов.....	48
4.2	Исходные данные на проектный расчет.....	48
4.3	Расчет фонда времени работы оборудования.....	49
4.4	Расчет технологической себестоимости оборудования.....	49
4.5	Расчет необходимого количества оборудования и коэффициента его загрузки.....	56
4.6	Расчет прямых и сопутствующих капитальных вложений по базовому и проектному варианту.....	58
4.7	Расчет технологической себестоимости эксплуатации базового и проектируемого оборудования при оказании услуг.....	62
4.8	Калькуляция и структура полной себестоимость эксплуатации базовой и проектируемой конструкции и цена оказания услуги.....	64
5	Безопасность и экологичность объекта	68
5.1	Конструктивно-технологическая и организационно- техническая характеристика рассматриваемого технического объекта.....	68
5.2	Идентификация профессиональных рисков.....	69
5.3	Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	70
5.4	Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	71

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического объекта.....	73
Заключение.....	75
Список используемой литературы и используемых источников.....	76
Приложение	А
Спецификация.....	78

Введение

Главной частью автомобиля принято считать двигатель, ходовую часть, трансмиссию, но все это крепится на несущую систему, наиболее распространенным является кузов автомобиля. Важный элемент конструкции, обеспечивающий крепление частей транспорта, размещение пассажиров и грузов в салон и принимает все нагрузки во время движения. Поэтому кузов должен соответствовать определенным требованиям качества и прочности, для этого он проходит различные статических и динамических испытаний. Одним из таких является испытание на изгиб и кручение, которые проверяют жесткость кузова.

Жесткость кузова – это свойство сопротивления нагрузкам, таким как статические и динамические, которые возникают во время эксплуатации автомобиля. С повышением жесткости улучшается управляемость и маневренность автомобиля, особенно с увеличением скорости. Так же нельзя упускать повышение комфортабельности автомобиля, за счет снижения вибрации.

Одну из главных ролей в конструкции болида играет несущая система. И крутильная жесткость одна из важных параметров этого элемента автомобиля, ведь от неё зависит управляемость автомобиля, так же степень рассогласования кинематических характеристик подвески и рулевого управления во время нагрузок при движении и поворотах. Одним из сложных элементов проектирования является компромисс между жесткостью конструкции на кручение и уменьшением массы автомобиля.

Большинство испытаний болидов на изгиб и кручение проводится в программных обеспеченьях, например, Solidwork. Но при проведении реальных испытаний на стенде получаются значения близкие к действительности. Так как стендовые опыты учитывают все характеристики готового болида, а программное обеспечение при идеальных условиях.

1. Состояние вопроса

1.1 Теоретическое исследование крутильной и изгибной жесткости

«Жесткостью кузова называется способность упруго противостоять внешним статическим и динамическим нагрузкам, возникающим в процессе эксплуатации автомобиля. От жесткости кузова зависят управляемость и маневренность автомобиля, чем она выше, тем лучше эти факторы, особенно на высоких скоростях.

На стадии проектирования рассчитываются два вида жесткости кузова: на кручение и изгиб (продольный и поперечный). Способность корпуса выдерживать действующие на него рабочие нагрузки характеризуется величиной максимального прогиба при изгибе и при скручивании — углом кручения по длине основания.

Поэтому были введены понятия удельной жесткости на кручение и изгиб. Удельная жесткость кузова на кручение характеризует сопротивление кузова кручению и представляет собой отношение крутящего момента к углу скручивания кузова по длине базы транспортного средства, умноженное на размер базы» [3].

«Удельная жесткость кузова на кручение легкового автомобиля находится в пределах 130 - 300 Нм/град, а удельная жесткость на изгиб в пределах 850 – 2200 Нм/град. Удельная жесткость кузова на изгиб характеризует сгибание кузова в вертикальной плоскости и представляет собой соотношение между нагрузкой и прогибом кузова на размер базы транспортного средства в третьей степени» [3].

«Жесткость кузова зависит от его типа (седан, хэтчбек и др.), наибольшая жесткость у кузова типа седан, наименьшая у удлиненных седанов и универсалов. Также жесткость зависит от конструкции, геометрии,

способов крепления крыльев и бамперов, габаритов машины, количества дверей, размеров оконных проемов и положения спинок задних сидений. Нельзя забывать и про способ крепления лобового и задних стекол, склеивая их, общая жесткость кузова увеличивается на 20-40%. Есть и дополнительные элементы, для усиления жесткости кузова. Например, в спортивные автомобили устанавливаются дополнительные подкосы усиления, а в салоне ставится каркас безопасности из тонкостенных стальных труб.» [4].

Продемонстрирую жесткости кузова некоторых автомобилей отечественного производства в таблице 1.

Таблица 1 – жесткость кузова автомобилей на кручение

Марка автомобиля	Жесткость, Нм/град
ВАЗ-2110	8000
LADA Kalina, хэтчбек	11000
LADA Priora, седан	12000
ВАЗ-2123 Шеви-Нива	12000
LADA Granta, седан	13000
LADA Vesta, седан	18000-19000
LADA Largus	20000

«При производстве кузова автомобиля используют стали, физико-механические свойства которых позволяют в высокой степени механизировать и автоматизировать производство кузовов. Из-за высоких требований используют низкоуглеродистую сталь 08кп и конструкционную сталь 08.

Нельзя забывать, что автомобиль подвергается коррозии. После длительной эксплуатации значительно снижается его жесткость, этот период наступает через 4-6 лет. Самым первым из строя выходят тонкостенные детали и элементы кузова, так же места точечной сварки, что приводит к

снижению общей прочности элементов кузова и делает опасным дальнейшее управление транспортным средством» [4].

«Проследим за тем, как влияют некоторые элементы на жесткость. При зафиксированных спинках задних сидений жесткость кузова в разложенном состоянии выше на 29,4%. Если установить дополнительную стойки задней балки, жесткость увеличится на 43,9%.

При стендовых испытаниях жесткость тела измеряется величиной силы, вызывающей его допустимую деформацию. Если к автомобилю, жесткость кузова которого составляет 6501 Нм / градус, приложить скручивающую силу в 1 тонну, величина деформации не превысит 1,8 градуса.» [4].

При изучении влияние крутильной и изгибной жесткости на раму болида помогает литература: оценка и оптимизация крутильной жесткости рамы болида «формула студент» ПНИПУ: статья / А.П. Брюхов, Д.В. Головин, Н.С. Козырин. - Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия, 2015. – 15 с.

В которой говорится о: «определение требований к рамной конструкции несущей системы болида «Формула Студент», что главным образом связано с регламентом. Соблюдение требований обеспечивает безопасность пилота при аварийных ситуациях; анализ конструкций несущих систем болидов «Формула Студент» для оценки типов применяемых конструкций и выбора наиболее подходящего решения; определение геометрических параметров рамы с целью оценки удобства посадки пилота, эргономики, компоновки основных узлов и агрегатов автомобиля; выбор материалов для изготовления рамы, так как от применяемых материалов зависят прочностные характеристики, жесткость конструкции, тип применяемой технологии сварки при сборке, стоимость, масса; прочностной расчет рамы для оценки безопасности пилота в случае аварийной ситуации; определение крутильной жесткости рамы и дальнейшая оптимизация данного параметра с целью минимизации рассогласования кинематических

характеристик подвески и рулевого управления при действии нагрузок во время движения автомобиля» [10].

Далее рассмотрим разновидности и особенности проведения испытаний на стендах для кузова автомобиля

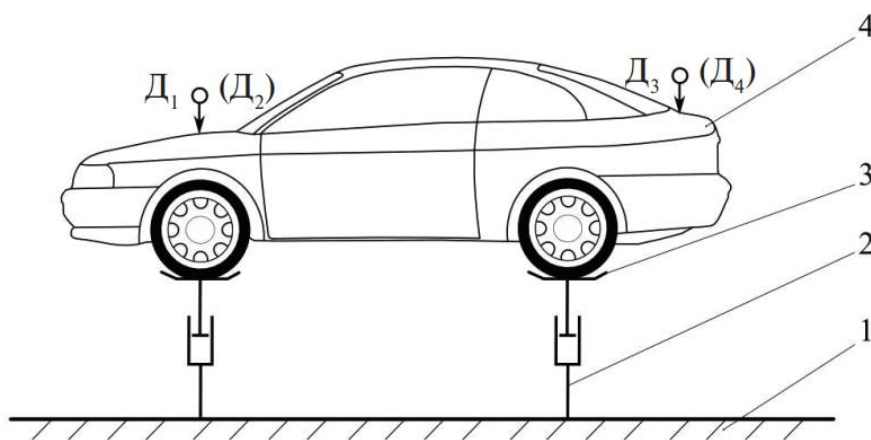
1.2 Стендовые испытания кузова автомобиля

Испытание на стендах является одним из самых распространенных для кузова автомобиля, его механизмов, навесных узлов и систем. Стендовые испытания делятся на два вида:

- со статическим нагружением на изгиб, кручение и оценивают прочность и жесткость кузова.
- с динамическим нагружением предназначенный для определения долговечности кузова.

1.2.1 Испытание несущего кузова на стенде с динамическим нагружением

«Для испытаний на стенде с динамическим нагружением испытывается автомобиль в полной комплектации. Автомобиль установлен колесами на опоры, закрепленные на штоках вертикальных гидроцилиндров двустороннего действия рисунок 1.



1 – основание стенда; 2 – гидроцилиндр двустороннего действия;
3 – опора колеса; 4 – испытываемый кузов

Рисунок 1 - Схема стенда с динамическим нагружением

Для проведения испытаний на долговечность кузова, нужно определить жесткость на кручение используя этот же стенд. Диск каждого колеса фиксируется та, что бы колесо не могло оторваться от опоры. На все крылья автомобиля устанавливаются датчики перемещения. На передние – датчики D_1 и D_2 , сзади D_3 и D_4 » [4].

«Данные датчики определяют перемещение по вертикальной оси соответствующих точек кузова. Один из гидроцилиндров с заданным шагом по силе прикладывает вертикальную нагрузку к колесу. Разница показаний датчиков D_1 и D_2 – $\Delta h_{\text{п}}$ и известное расстояние между ними, датчиков D_3 и D_4 – Δh_3 и известное расстояние между ними позволяют определить угол закручивания кузова φ под действием приложенной нагрузки рисунок 2» [4].

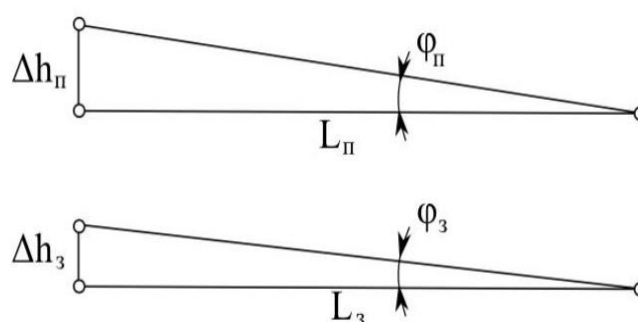


Рисунок 2 - Определение угла закручивания кузова

$$\varphi = \varphi_{\text{п}} - \varphi_3 = \arctg(\Delta h_{\text{п}}/L_{\text{п}}) - \arctg(\Delta h_3/L_3)$$

«Момент T скручивающий кузов определяется как произведение усилия F_z создаваемого гидроцилиндром на ширину колеи $B_{\text{ш}}$ оси к которой прикладывается нагрузка.

$$T = F_z \cdot B_{\text{ш}}$$

Суть процесса испытания на долговечность состоит в том, что с помощью гидроцилиндров создают вертикальную нагрузку на каждое колесо автомобиля, что имитирует движение по дороге определенного профиля с заданной скоростью.

Через заданное время или число циклов испытание останавливается и производится внешний осмотр кузова на наличие трещин, так же определяется его жёсткость на кручение.

По окончании цикла испытаний определяется жесткость кузова на кручение и сравнивается с конструкторской документацией, кузов проверяется на наличие трещин.

Если падение жесткости кузова на кручение не превышает заданную в конструкторской документации и на нем нет трещин, то он считается, как прошедший испытания» [4].

1.2.2 Испытание кузова автомобиля на герметичность

«Перед началом испытаний закрываются все двери кузова, окна, люки, крышка багажника и т.д. Визуально проверяется состояние уплотнителей. Включаются все наружные и внутренние световые приборы. Испытание проводится в камере с водораспылителями. Вода подается из рассеивающих форсунок, расположенных сверху, снизу и с боков автомобиля, так же имеются форсунки, расположенные под углом 45° к направлению движения автомобиля. Распылительная установка должна подавать воду с интенсивностью не менее 20мм/мин и возможностью регулировки подачи воды, время дождевания кузова легкового автомобиля 3 мин.» [4].

«Проверку на герметичность проводят после внешнего и внутреннего осмотра кузовных элементов, багажного отделения, электрооборудования. Величину течи оценивается двумя показателями: обильная и каплями. В некоторых местах кузова допускается капельное проникновение, согласно техническим условиям автомобиля.

Также автомобиль проверяется на проникновение воды снизу по движение по мокрому покрытию. Для этого автомобиль проходит испытание

проездом через неглубокий бассейн на разных скоростных лимитах. После преодоления препятствия с обильным обрызгиванием, осматриваются неплотные основания кузова, дверей, отсек двигателя, электрооборудование и т.д.» [3].

1.3 Испытание на пассивную безопасность автомобиля

«Пассивной безопасностью является совокупность свойств автомобиля, который уменьшает вероятность нанесения травм и их тяжесть водителю и пассажирам, при столкновении с внешним препятствием, называется внутренней безопасностью, а также участникам движения вне машины, пешеходам, велосипедистам, мотоциклистам на столкновении с ними, называется внешняя безопасность»).

Стендовые динамические испытания кузова автомобиля являются основным способом оценки пассивной безопасности. Стендовые испытания имитируют опрокидывание, наезд сзади или сбоку, лобовое столкновение рисунок 3. Для проведения данных испытаний используются стенды, осуществляющие разгон объекта испытаний и его наезд на препятствие с заданной скоростью.» [3].

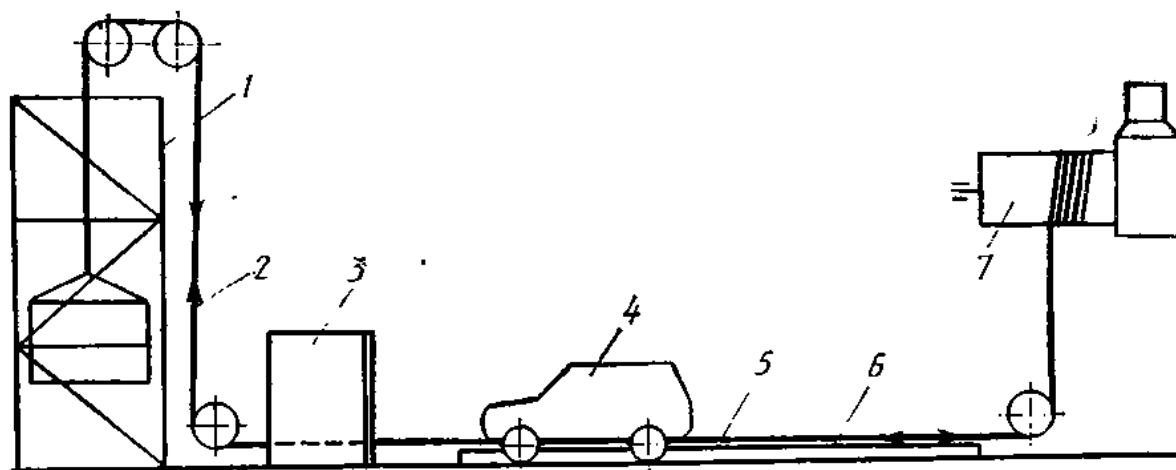
1.3.1 Испытание методом столкновения с неподвижным препятствием

«Для проведения данного испытания должны быть выполнены следующие условия. Автомобиль, проходящий испытания, должен быть полностью исправным, его комплектность должна соответствовать техническим условия предприятия-изготовителя. В транспортном средстве должны отсутствовать посторонние предметы, не считая аппаратуры, которая должна быть надёжно закрепленной. Топливный бак нужно заполнить жидкостью на 90%, по плотности и вязкости соответствующей топливу.

Препятствием является бетонный или железобетонный параллелепипед, с размерами: лицевая сторона не менее 3 м, высота не менее

1,5 м, облицована стальным листом толщиной 25 мм и покрыта фанерой толщиной 20 мм. Препятствие должно быть таким и так закреплено, чтобы смещение и разрушения препятствия не происходило.

Для проведения испытания на фронтальный удар автомобиль разгоняют на разгонном приспособлении, автомобиль-буксировщик или лебедка. Для обеспечения столкновения с центром препятствия используют дистанционное управление или направляющие рельсы. Для этого автомобиль достигает скорость 48,3-53,1 км/ч. Скорость определяют с помощью системы двух фотостворов, расположенных на расстоянии 5 и 10 м от препятствия. Если скорость отличается от указанной, то при оценке деформаций их приводят к заданной скорости» [4].



1 – вышка; 2 – груз; 3 – препятствие; 4 – испытываемый автомобиль;
5 – тяговый трос лебёдки; 6 – направляющий рельс; 7 – лебёдка

Рисунок 3 - Схема стенда для испытания автомобилей на фронтальный удар

«Момент удара автомобиля с препятствием снимают скоростной кинокамерой с частотой 1000-1200 кадров в секунду. Её устанавливают сбоку препятствия на удалении 15-18 м от автомобиля. На кузов наносят ряд меток, для оценки деформации. Для определения смещения рулевой колонки в салон к ее торцу прикрепляют пластину со знаками контрастных цветов. Кроме того, к рулевой колонке и задней полке кузова крепят

телескопическую штангу со шкалой и подвижным резиновым кольцом, фиксирующим максимальное смещение рулевой колонки при столкновении.

Так же определяют общую деформацию переднюю часть автомобиля, крылья подвески передних колес, повреждения радиатора, двигателя, подвески заднего моста, лобовое стекло, деформацию солон и степень заклинивания дверей.

При испытаниях с использованием антропометрических манекенов определяют их состояние, повреждения от удара с деталями интерьера, состояние и крепления ремней безопасности. Так же с помощью датчиков фиксируют перегрузку корпуса и головы манекена» [4].

1.3.2 Испытание методом наезда сзади

Данный вид испытаний нужен для определения: деформации и перемещения элементов кузова; прочность сидений и их креплений к основанию кузова; прочность упоров для головы (подголовников); деформации салона, заклинивание или самооткрывание дверей, надежность замков; ускорения в различных точках автомобиля; пожарную безопасность автомобиля.

При совершении данного вида наезда одного автомобиля на другой происходит деформация и повреждение соударяющихся частей, а также и опасное травмирование пассажиров, связанное с повреждениями шейных позвонков и позвонков верхних отделов грудной клетки.

«Для проведения имитации наезда сзади используют специальную тележку (1100±20 кг) с ударной плитой 2500x800мм, облицованной фанерой толщиной 20 мм. В автомобиле на полу кузова под передним сиденьем, в зоне средней стойки и под задним сиденьем укрепляют датчики ускорений, с диапазоном измерения не менее ±45g, точность ±5%, собственной частотой колебания 1000 Гц. Размещаются один или два антропометрических манекенов, один из которых расположен на переднем сиденье, закрепленный ремнями безопасности. Топливный бак нужно заполнить жидкостью на 90%, по плотности и вязкости соответствующей топливу. Коробка передач

находится в выключенном состоянии, а стояночный тормоз – в нерабочем» [4].

1.3.3 Испытания методом бокового удара

Испытание на боковой удар аналогичен испытанию на наезд сзади, скорость передвижного препятствия (35-38 км/ч), ударная поверхность с размерами 1300x600 мм. В салоне располагаются два антропометрических манекена, закрепленные поясами безопасности. Один расположен на переднем, второй на заднем сиденье, со стороны удара.

«Суть эксперимента заключается в измерении и фиксации скорости тележки в момент удара в разные бока автомобиля; деформацию боковых частей кузова; перемещения автомобиля в момент столкновения; самооткрывание дверей при ударе; возможность открывания дверей после удара; работоспособность дверных замков; состояние ветрового и других стекол, электрооборудования, двигателя и агрегатов шасси; максимальное ускорение груди манекенов при ударе в правый и левый бок автомобиля; показатель опасности травмирования головы манекена при ударе; пожаробезопасность» [4].

1.3.4 Испытания методом поперечного опрокидывания

Поперечное опрокидывание является распространенным видом ДТП и очень опасным, автомобиль может совершить один или несколько переворотов. Пассажиры и водитель подвергаются опасности выпадения из салона и дальнейшим попаданием под него, возможность пожара, невозможность эвакуироваться из транспорта.

«Испытаниям подвергаются легковые, грузовые автомобили и автобусы. В салоне размещают манекены, часть закрепляют ремнями безопасности, другая остается не закрепленной, для сравнения полученных результатов с разных манекенов. Автомобиль и манекена оснащают датчиками (акселерометрами), на ремнях используют тензометрические устройства. Так же устанавливаются две камеры, для скоростной и обычной съемки.

Для проведения испытания автомобиль устанавливают горизонтальной площадке на краю откоса с уклоном 30 ± 2 %. Поверхность откоса покрывают дерном. Автомобиль приподнимают за одну сторону погрузчиком, до начала падения.

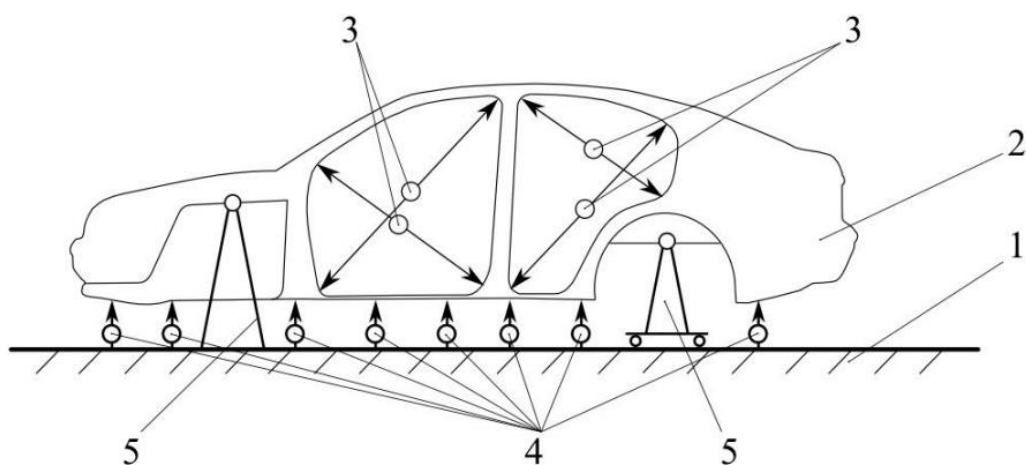
Тележку с установленным на платформе автомобилем разгоняют до 48 км/ч, затормаживают или останавливают. Автомобиль продолжает своё движение по инерции, пока не начнет падать с платформы на бетонную площадку и совершать опрокидывание.» [4].

Для получения данных по эксперименту, необходимо зафиксировать скорость тележки до замедления, путь торможения, количество переворотов автомобиля и его положение, после проведения испытания, деформацию кузова автомобиля, состояние дверей и замков, ремней безопасности и их крепление, состояние стекол, повреждения и перемещение манекенов.

1.3.5 Испытание на изгиб

Испытания на изгиб нужны для оценивания свойств кузова, такие как жёсткость и прочность, а также для оценивания способности сохранять геометрию дверных проемов под действием нагрузок. Для испытания используют только каркас кузова, без навесных узлов, механизмов, агрегатов, узлов и т.д.

Каркас крепится на опорах в точках крепления упругих элементов подвески рисунок 4.



1 – основание; 2 – кузов для испытаний; 3 – датчик деформации дверных проемов;

4 – датчики деформации основания кузова; 5 – опоры кузова

Рисунок 4 - Схема стенда для испытания кузова автомобиля на изгиб

«Для определения деформации дверных проемов под приложенной нагрузкой на кузов автомобиля устанавливают датчики. Для определения деформации основания кузова под приложенной нагрузкой, устанавливают датчики под всей поверхностью. Для реалистичного результата, каркасу кузова придают реальную массу узлов, агрегатов и оборудования, с помощью мешков с дробью в моторном отсеке, пассажирском салоне и в багажнике. Мешки с дробью предназначены для имитируя динамическую нагрузку на кузов.

При данном виде испытаний оценивают деформацию основания кузова в статическом и квазидинамическом режимах и деформацию дверных проемов. Чтобы определить места наивысших механических напряжений в каркасе кузова используют метод хрупких покрытий. А для количественного определения механических напряжений в каркасе наклеивают розетки тензодатчиков.» [4].

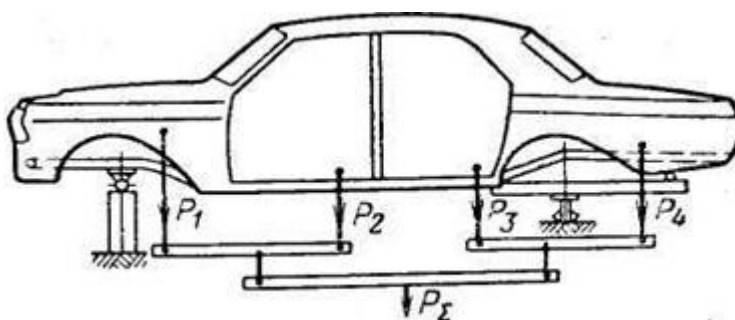


Рисунок 5 - Схема нагружения кузова при статических испытаниях на изгиб

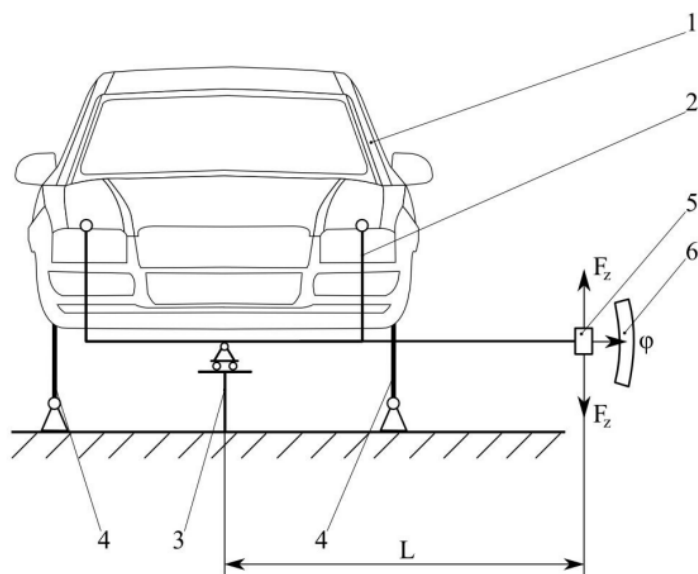
Суммарное усилие $P_{\Sigma} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$ с помощью системы рычагов раскладывается на четыре составляющие $P_1 - P_4$ (рисунок 5), которые имитируют воздействие на несущую систему автомобиля в сборе со сцеплением и коробкой передач, переднего сиденья и двух сидящих на нем пассажиров, заднего сиденья и трех сидящих на нем пассажиров, бензобака с

топливом и багажа. При испытании на стенде должно использовать распределенную по всей длине салона вертикальную нагрузку 4000-4450 Н.

1.3.6 Испытание на кручение

«Одно из основных испытаний на каркас кузова автомобиля является испытание жёсткости на кручение. Для определения данного параметра несущего кузова легкового автомобиля используют полностью собранный автомобиль без передней и задней подвески устанавливают на стенд рисунок 6.

В места крепления упругих элементов одной оси крепятся жесткие стойки. В места крепления упругих элементов другой оси крепятся перевернутая П-образная балка, с консолью, опирающаяся на центральную жесткую стойку» [4].



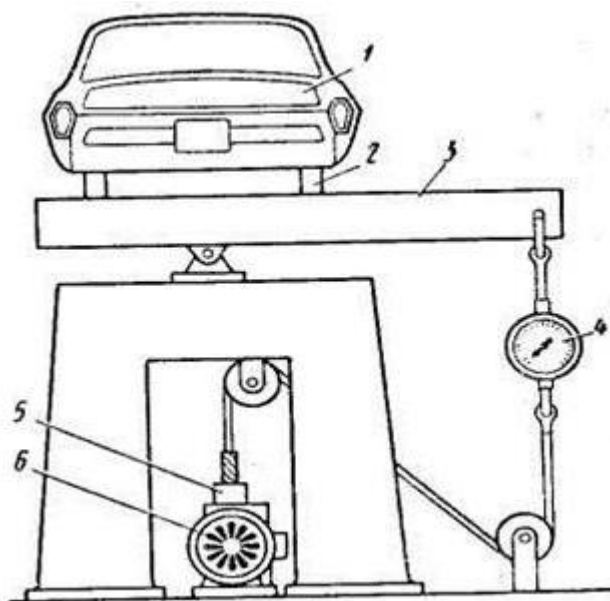
1 – кузов автомобиля; 2 – П-образная балка с консолью; 3 – передняя жесткая стойка; 4 – задние жесткие стойки; 5 – датчик силы; 6 – датчик угла поворота

Рисунок 6 - Схема стенда для испытания несущего кузова на кручение

«Для определения величины усилия используют датчик силы, для этого на П-образную балку прикладывают усилие, скручивающее кузов рисунок 7. Кузов закручивается минимум трижды в направлении по часовой стрелке и минимум трижды – против. Режим нагрузки задается в программе

испытаний. По завершению испытаний определяется жесткость кузова на кручение.

После получение результатов испытания жесткости кузова на кручение, они сравниваются с заданной в конструкторской документации. Жесткость кузова на кручение определяется, как нового автомобиля, так и после ресурсных испытаний» [4].



1 – кузов; 2 - фальшрессоры; 3 - задние опоры; 4 – динамометр;
5 – редуктор; 6 – электродвигатель

Рисунок 7 - Схема нагружения кузова при статистических испытаниях на кручение

«Жесткость несущей системы на кручение проверяют при нагружении её скручивающим моментом измерением угла закручивания. С этой целью кузов 1 на фальшрессорах 2 устанавливают на подвижных опорах – передней скользящей и задней качающейся в поперечной плоскости. К консольной части задней опоры 3 прилагаются усилие (измеряемое динамометром 4), вызывающее поворот опоры относительно продольной оси кузова. Таким образом на конструкцию действует скручивающий момент. Усилие

передается от электродвигателя 6 через редуктор 5 с большим передаточным числом.

Жесткость кузова можно оценить путем сравнения старого и нового автомобиля. Для этого требуется приподнять домкратом кузов новой машины у заднего колеса в точке Б на высоту Н, измерим расстояние h от произвольно выбранной точки А кузова (у переднего колесо) до земли. Так же нужно проделать и со старым автомобилем. Сравниваем два значения h , если у старого автомобиля оно ниже, чем у нового авто, значит кузов потерял свою жесткость» [4].

Есть и другой способ оценки жесткости кузова автомобиля. Машину поднимают домкратом до вывешивания одного колеса и следят за изменением зазоров дверных проемов. При должной жесткости кузова, они не должны изменяться, а двери не должны заклинивать.

Выводы по разделу

В данном разделе были рассмотрены возможные испытания на кузова автомобиля, которые производятся для проверки на соответствие данного изделия техническому заданию, стандартам качества и нормативным документам.

2. Конструкторская часть

2.1 Тягово-динамический расчет болида Formula Student

2.1.1 Исходные данные

Сведём данные для выполнения тягово-динамического расчета, для электробоида «Formula Student» в таблицу 2.

Таблица 2 – Исходные данные тягово-динамического расчета

Характеристика	Значение
Колесная формула	4x2
Количество мест	1
Снаряженная масса m_0 , кг	280
Максимальная скорость ω_e^{\max} , рад/с (об/мин)	123,48 (34,3)
Угловая скорость ω_e^{\max} , рад/с (об/мин)	3000 (356,8)
Максимальная мощность двигателя N_e^{\max} , кВт	52
Максимальный крутящий момент двигателя M_e^{\max} , Н·м	226
Тип и размерность колеса	200/75R13
Коэффициент аэродинамического сопротивления C_x	0,7
Величина максимального преодолеваемого уклона i , %	0,34
КПД трансмиссии $\eta_{тр}$	0,93
Габаритная ширина автомобиля B , мм	1444
Габаритная высота автомобиля H , мм	1136
Коэффициент сопротивления качению f_0	3000 (356,8)
Главная передача	3

2.1.2 Подготовительная часть тягово-динамического расчёта

2.1.2.1 Определение полной массы автомобиля

«Полная масса рассчитаем по формуле (1):

$$m_a = m_o + m_ч \cdot n + m_б \cdot n \quad (1)$$

где m_o - снаряженная масса, кг;

$m_ч$ – средняя масса пилота = 75кг;

n – количество людей;

$m_б$ – вес багажа» [3].

Подставим значение в формулу (1) и получим:

$$m_a = 280 + 75 \cdot 1 = 365 \text{ кг}$$

Полный вес рассчитаем по формуле (2):

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

где $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

$$G_a = 365 \cdot 9,81 = 3580,7 \text{ Н}$$

Примем распределение веса болида по осям 40% - на передние колёса, 60% - на задние колёса, так как он имеет заднеприводную компоновку.

Вес, приходящийся на задние (ведущие) колёса:

$$G_2 = 0,6 \cdot G_a = 0,6 \cdot 3580,7 = 2148,4 \text{ Н};$$

Вес, приходящийся на передние (ведомые) колёса:

$$G_1 = 0,4 \cdot G_a = 0,4 \cdot 3580,7 = 1432,3 \text{ Н};$$

2.1.2.2 Параметры обтекаемости болида

«Коэффициент обтекаемости

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

где $C_x = 0,7$ – коэффициент аэродинамического сопротивления;

$\rho = 1,293 \text{ кг/м}^3$ – плотность воздуха в нормальных условиях» [3].

Подставим значения в формулу (3) и получим значение:

$$k = \frac{0,7 \cdot 1,293}{2} = 0,452 \text{ кг/м}^3$$

2.1.2.3 Лобовая площадь болида (площадь Миделя)

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

где B – габаритная ширина болида, м;

H – габаритная высота болида, м;

Рассчитаем лобовую площадь болида подставив значения в формулу (4) и получит:

$$F = 0,8 \cdot 1,44 \cdot 1,136 = 1,312 \text{ м}^2$$

2.1.2.4 Радиус качения

«Рассчитаем радиус качения для шины болида шириной 200/75R13, по формуле (5):

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

где d – посадочный диаметр шины, м;

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

H – высота профиля шины, м.» [3].

$$r_k = 0,5 \cdot 0,33 + 0,85 \cdot 0,15 = 0,293 \text{ м}$$

2.1.2.5 Коэффициент сопротивления качению

Чтобы определить коэффициент сопротивления качению в зависимости от максимальной скорости пользуются формулой (6)

$$f_k = f_0 \cdot \left(1 + \frac{V_{a \max}^2}{2000} \right), \quad (6)$$

где $f_0 = 0,012$ – коэффициент сопротивления качению при движении болида с малой скоростью;

$V_{a\ max}$ – максимальная скорость болида, м/с.

Подставляя значения в формулу (6), получаем:

$$f_k = 0,012 \cdot \left(1 + \frac{52,5^2}{2000} \right) = 0,04518$$

2.1.3 Внешняя скоростная характеристика (ВСХ) двигателя

«Рассчитаем внешнюю скоростную характеристику (ВСХ) двигателя:

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

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

ω_N – угловая скорость вала при максимальной мощности, рад/с;

N_e – текущее значение эффективной мощности двигателя, Вт.» [3].

«Для построения кривой эффективного момента M_e (Н · м) используем формулу (8):

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

Рассчитывая зависимость $N_e(\omega_e)$ и $M_e(\omega_e)$, сводим результаты расчётов в таблицу 3 и представляем в виде графика рисунок 8.» [3].

Таблица 3 – результаты испытания двигателя

M_e , Н·м	n_e , об/мин	N_e , кВт
225,4	1329	30556
223,4	1464	33378
221,4	1533	34644

216,6	1814	40098
212,6	1954	42382
210,4	1980	42518
208,4	2049	43568
210,4	2115	45426
222,8	2243	51004
204,2	2368	49362

Продолжение таблицы 3

$M_e, \text{Н}\cdot\text{м}$	$n_e, \text{об/мин}$	$N_e, \text{кВт}$
196	2481	49616
183,6	2545	47680
181,6	2575	47712
165	2706	45568
158,8	2782	45102
150,6	2823	43388
143,4	2882	42168
134,2	2966	40590

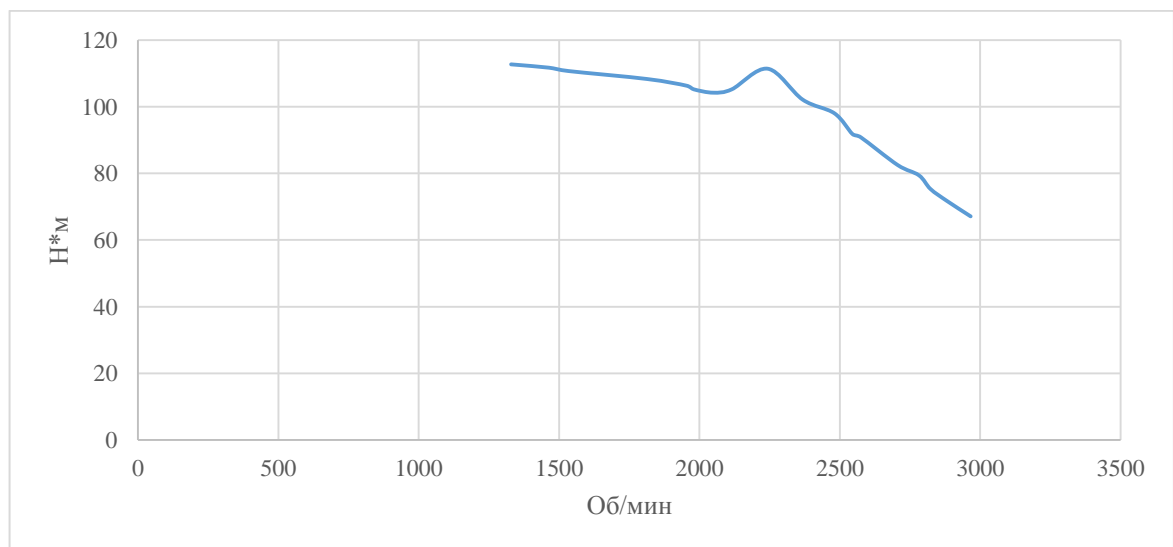


Рисунок 8 – график зависимости крутящего момента от частоты вращения

Построим график зависимости мощности от частоты вращения рисунок

9.

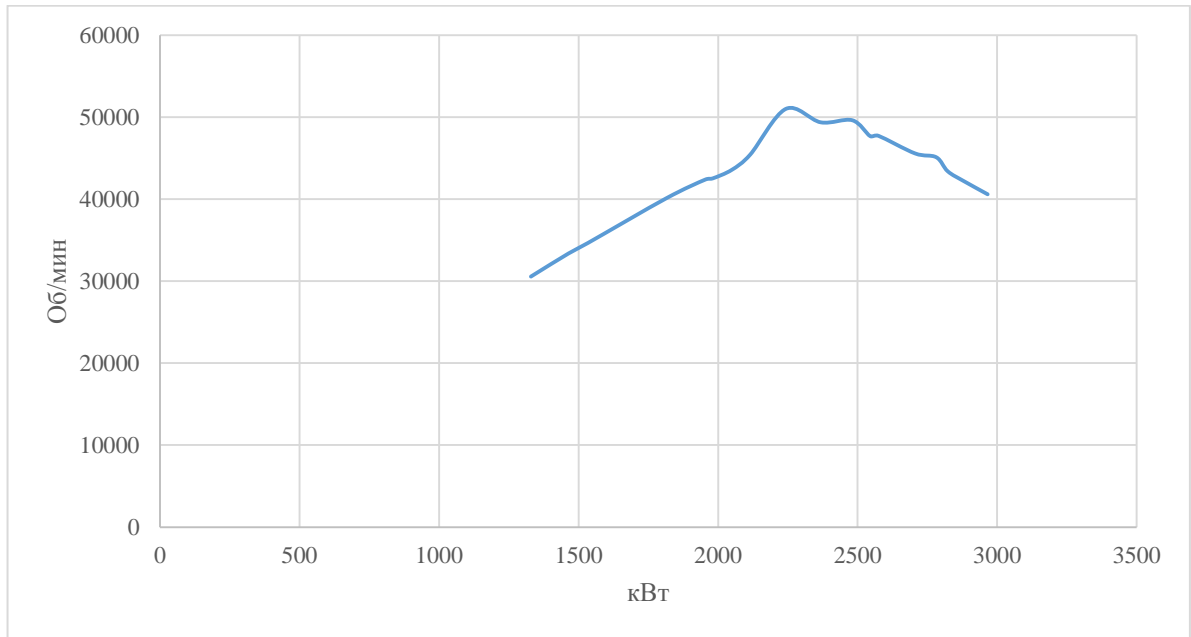


Рисунок 9 – График зависимости мощности от частоты вращения

2.1.4 Передаточное число главной передачи

«Передаточное число U_0 находится, основываясь на максимальной скорости V_{max} и передачи, на которой мы хотим достигнуть заданную скорость по формуле (9)

$$U_0 = \frac{r_k \cdot \omega_{max}}{U_4 \cdot V_{max} \cdot U_0} \quad (9)$$

где ω_{max} – максимальная угловая скорость коленчатого вала двигателя, рад/с;

U_k – передаточное число высшей передачи в коробке передач, на которой обеспечивается максимальная скорость болида.» [3].

Подставим значения в формулу (9), получим значение главной передачи:

$$U_0 = \frac{0,293 \cdot 356,5}{1 \cdot 34,81} = 3$$

2.1.5 Тяговый баланс автомобиля

«Силовой баланс рассчитаем по формуле (10)

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

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 болида, Н» [3].

«Сила тяги рассчитывается по формуле (11):

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

где U_k – передаточное число коробки передач;

M_e – величина эффективного момента двигателя, Н·м.

Сила аэродинамического сопротивления воздуха рассчитывается по формуле (12):

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

Сила дорожного сопротивления автомобиля рассчитаем по формуле (13):

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

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

скорости движения.

Пользуемся выбранными при расчете ВСХ значениями, приводя в соответствие с ними скорости болида.» [3].

Сведем данные силового баланса болида в таблицу 4 и построим график рисунок 10.

Таблица 4 – Силовой баланс болида

Рсц	2140	2140	2140	2140	2140	2140	2140	2140
об/мин	1300	1800	2000	2400	2700	2800	2900	3000
ωе	157	188,5	240,9	261,8	303,7	324,6	345,6	356,5
Ме	226	220	210	204	164	150	142	134
V	17,03741	20,45574	26,14211	28,41015	32,95707	35,22511	37,504	38,68685
Pt	1936,812	1885,392	1799,693	1748,273	1405,474	1285,495	1216,935	1148,375
Pв	172,139	248,1434	405,2785	478,6513	644,1241	735,8292	834,1179	887,5627
Pд	77,51315	81,8508	90,81867	95,00613	104,4498	109,6835	115,293	118,3431
f	0,022903	0,024184	0,026834	0,028071	0,030862	0,032408	0,034066	0,034967

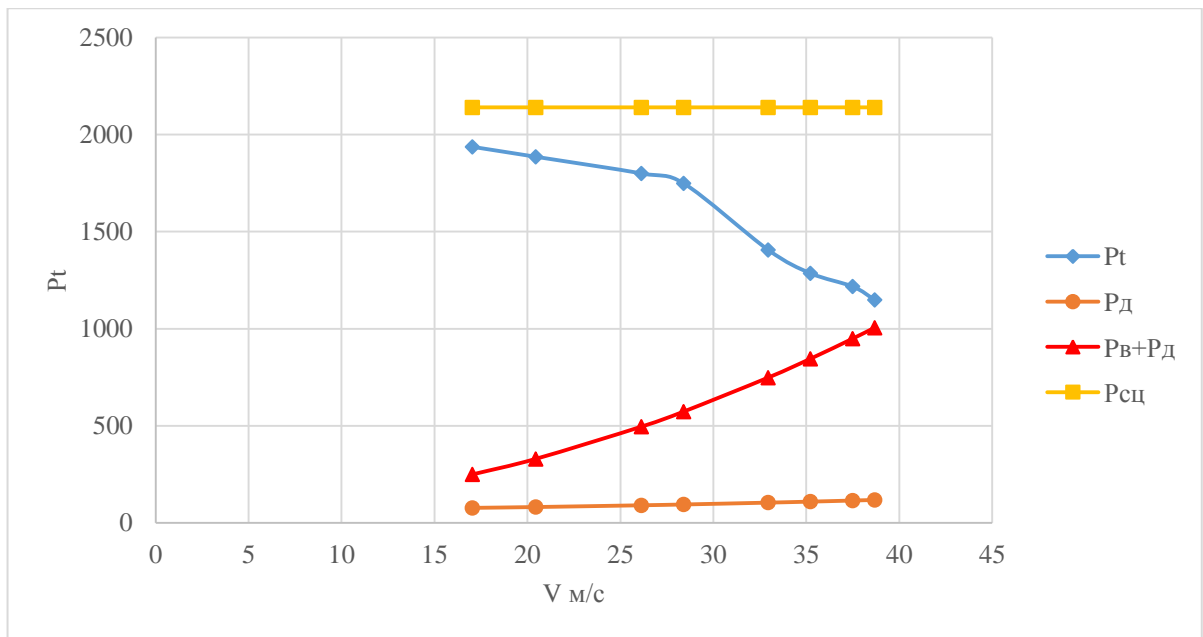


Рисунок 10 - Силовой баланс болида

2.1.6 Динамическая характеристика болида

«Динамическим фактором D автомобиля называют отношение разности силы тяги и силы сопротивления воздуха к весу автомобиля. Воспользуемся формулой (14):

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

Пользуясь этой формулой и данными силового баланса рассчитаем и построим динамическую характеристику болида, которая является зависимостью динамического фактора D от скорости движения при полной загрузке болида.» [3].

Определим динамический фактор по сцеплению рисунок 11 и занесем результаты в таблицу 5:

$$D_{сц} \approx \frac{G_{сц} \cdot \varphi}{G_a} = \frac{2030,4 \cdot 2,1}{3384,45} = 1,25$$

$$G_{\text{сц}} = m_2 \cdot G_2 = 1,08 \cdot 2030,4 = 2192,83\text{Н}$$

Таблица 5 – Данные расчета динамической характеристики

динамические характеристики болида							
0,594	0,559	0,493	0,459	0,307	0,245	0,199	0,165

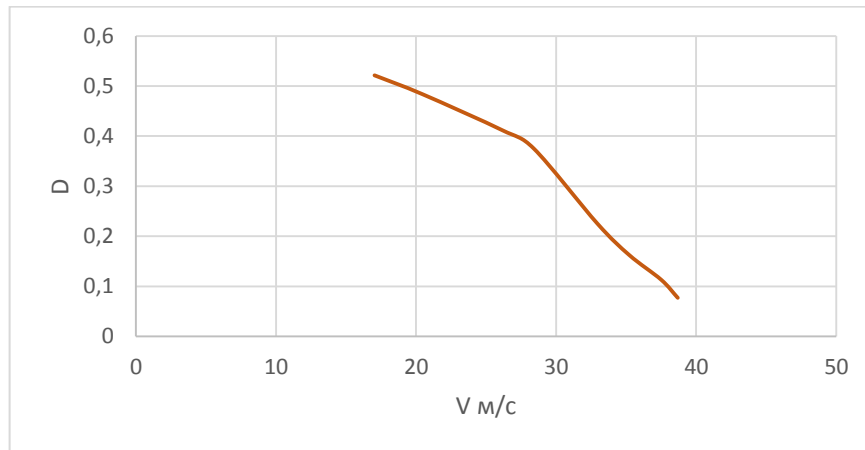


Рисунок 11 - Динамическая характеристика болида

2.1.7 Разгон автомобиля

2.1.7.1 Ускорение при разгоне

Рассчитаем ускорение при разгоне по формуле (15)

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

где $\delta_{\text{вр}} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_k^2)$ – коэффициент учета вращающихся масс двигателя, определяется для каждой передачи отдельно, для нас рассчитывается по одной формуле (16).

$$\delta_{\text{вр}} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_k^2) \quad (16)$$

где δ_1 – коэффициент учета вращающихся масс колес;

$\delta_2 = \delta_2 = 0,05$ – коэффициент учета вращающихся масс двигателя;

U_k – передаточное число коробки передач на данной передаче.

$$\delta_{вр} = 1 + (0,05 + 0,03 \cdot 3^2) = 1,32$$

Определим ускорение разгона рисунок 12, занесём результат в таблицу 6 и построим график зависимости $j = f(V)$.

Таблица 6 – ускорение разгона

Ускорение автомобиля							
4,639	4,347	3,796	3,509	2,257	1,750	1,366	1,073

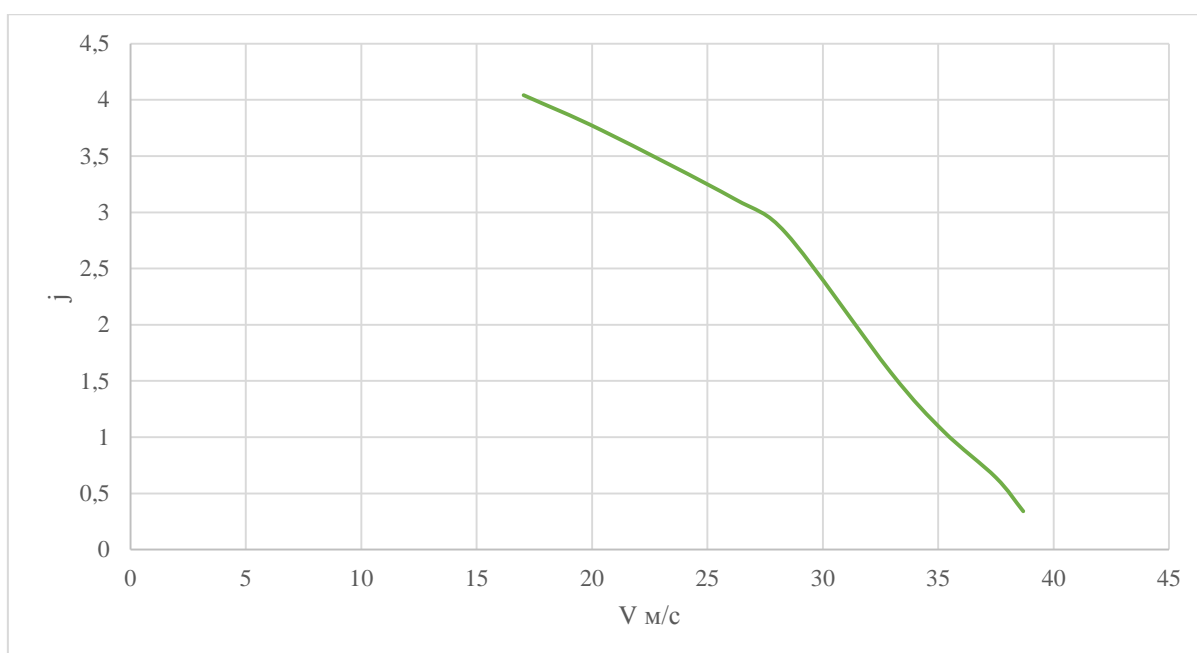


Рисунок 12 – Ускорение автомобиля

«Определим значение обратных ускорений ($1/j$) рисунок 13 и вносим значения в таблицу 7 Так как при максимальной скорости V , ускорение близится к нулю, так что для расчёта обратных ускорений ограничиваются скоростью $V = (0,8...0,9) V_{max}$.» [3].

Таблица 7 – Обратные ускорения

Обратные ускорения								
0,2	0,215	0,230	0,263	0,284	0,442	0,571	0,732	0,931

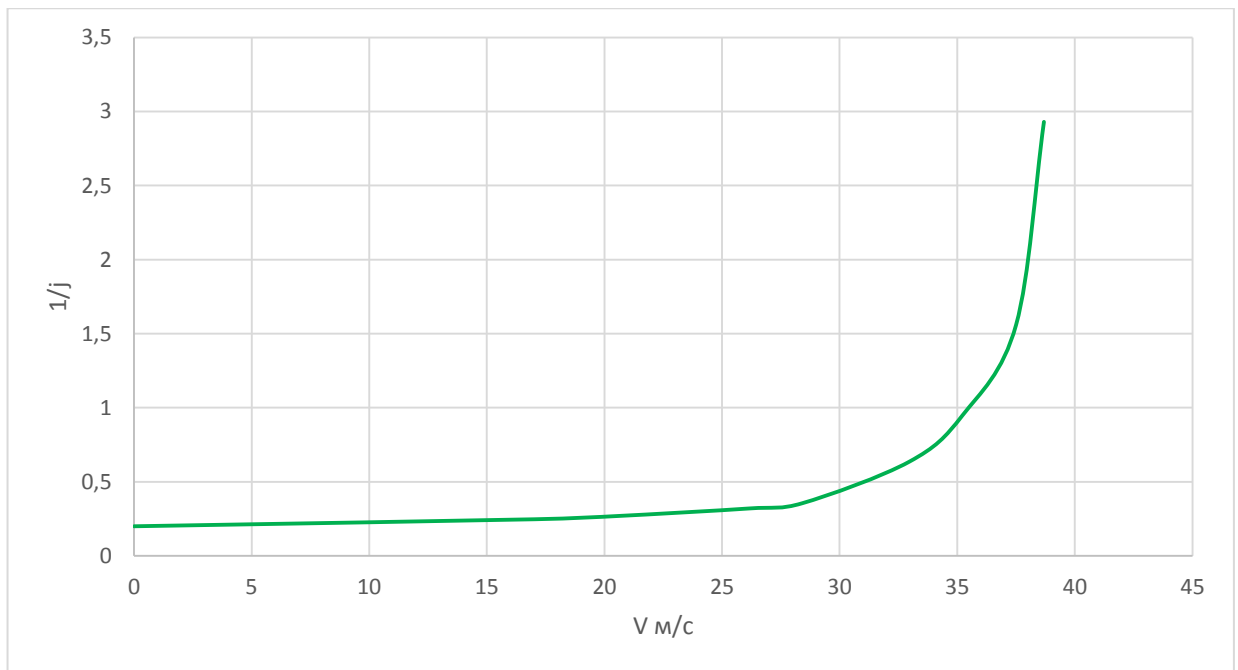


Рисунок 13 – Обратные ускорения болида

2.1.7.2 Время и путь разгона

«Время и путь разгона болида определяется графически. Способом замена интегрирования суммой конечных величин формула (17):

$$\Delta t = \int_{V_i}^{V_{i+1}} \frac{1}{j} dV \approx \left(\frac{1}{j_{\text{cp}}} \right)_{i+1} \cdot (V_{i+1} - V_i) \quad (17)$$

Требуется забить кривую обратных ускорений на интервалы, принимаем, что на каждом интервале болид разгоняется с постоянным ускорением j , и соответствующие ему значения $(1/j)$. Величины можно определить так:

$$\left(\frac{1}{j_{\text{cp}}} \right)_k = \frac{(1/j)_{k-1} + (1/j)_k}{2} \quad (18)$$

где k – порядковый номер интервала.» [3].

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

$$\Delta t = \left(\frac{1}{j_{cp}}\right)_k \cdot (V_k - V_{k-1}) \quad (19)$$

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

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

t_2 – время разгона до скорости V_2 .

Результаты расчёта заносим в таблицу 8 и стоим график времени разгона рисунок 14» [3].

Таблица 8 – Значение скорости и времени

$v_a, \text{M/c}$	t, c
15,33	3
18,41	3,67
23,52	4,92
25,56	5,47
29,66	6,95
31,7	7,98
33,75	9,31
34,81	10,18

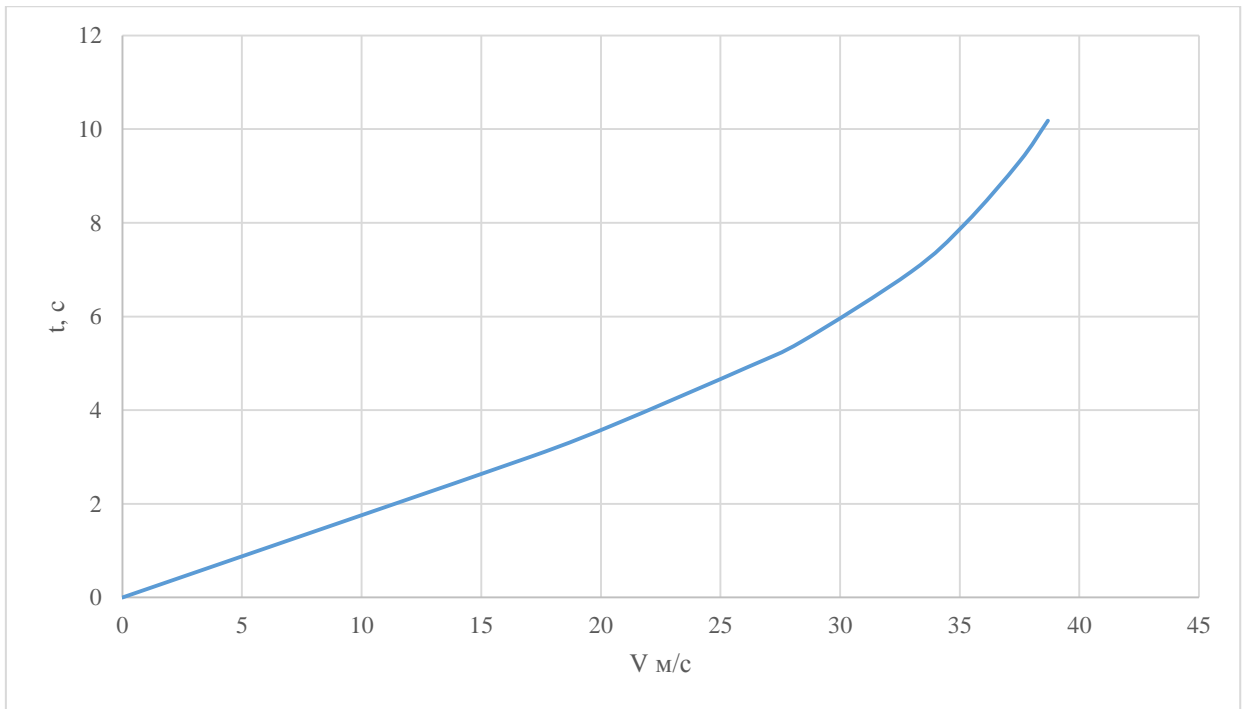


Рисунок 14 – Время разгона болида

«Таким же способом проводится графическое интегрирование рисунок 14 зависимости $t=f(V)$ для получения зависимости пути разгона S от скорости болида.

Разбиваем кривую $t=f(V)$ на интервалы по времени, находя соответствующее значение V_{cpk} для каждого из них.

Путь, который болид проходит от t_{k-1} до t_k , двигаясь с постоянной скоростью V_{cpk} – площадь элементарного прямоугольника в интервале Δt_k .

Величина площади элементарного прямоугольника определяется следующим образом:

$$\Delta S = V_{cpk} \cdot (t_k - t_{k-1}) = V_{cp} \cdot \Delta t_k \quad (20)$$

где $k=1 \dots m$ – порядковый номер интервала.

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 : $S_n = \sum_{k=1}^m \Delta S_k$.

Полученные результаты занесём в таблицу 9 и строим график пути разгона рисунок 15» [3].

Таблица 9 – Значение пути и скорости разгона

$v_a, \text{ м/с}$	$S, \text{ м}$
15,33	22,99
18,41	34,29
23,52	60,49
25,56	73,92
29,66	114,78
31,7	146,38
33,75	189,9
34,81	219,72

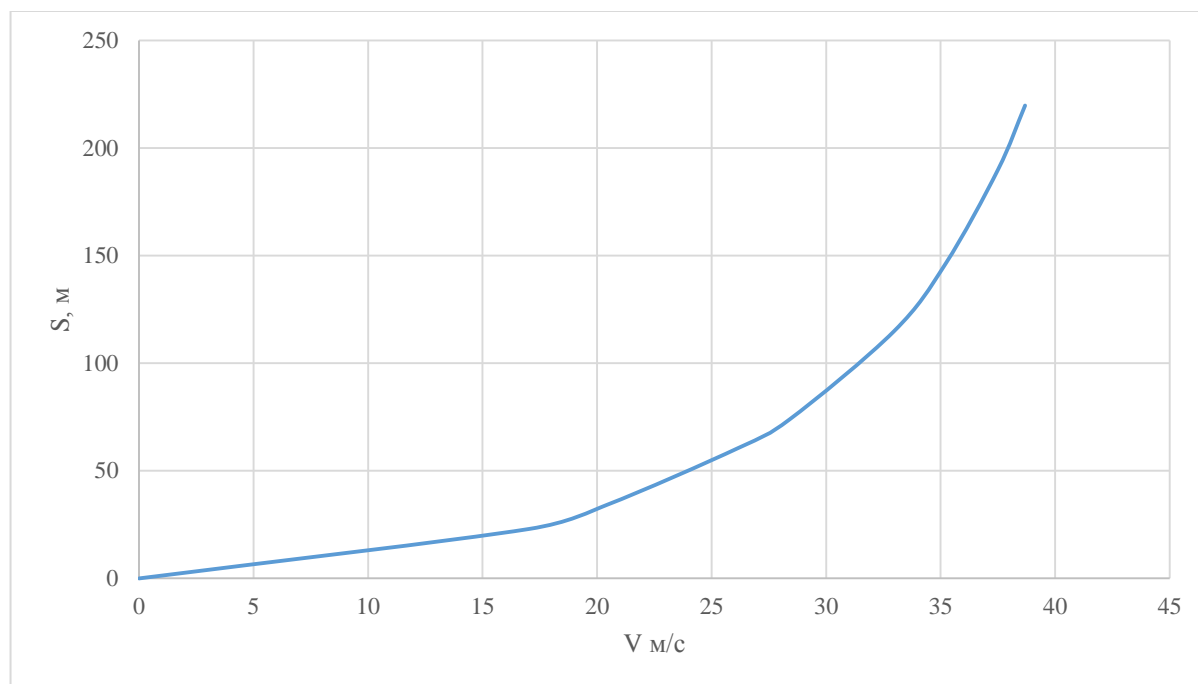


Рисунок 15 – Путь разгона болида

2.1.8 Мощностной баланс болида

«Уравнение мощностного баланса формула (21):

$$N_T = N_e - N_{тр} = N_f + N_{п} + N_B + N_{и} \quad (21)$$

где $N_{тр}$ – тяговая мощность, подводимая к ведущим колёсам, Вт;

$$N_T = N_e \cdot \eta_{тр} = N_e \cdot 0,93,$$

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

$N_T = F_T \cdot V$ – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления подъему, 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 болида, Вт;

N_f – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления качению колес, Вт;

$N_{и}$ – мощность, затраченная на преодоление силы инерции болида, Вт.

По угловой скорости коленвала двигателя и скорости болида, для выбранных интервалов, рассчитываем значения мощностного баланса, заносим результаты в таблицу 10. Построим график мощностного баланса болида рисунок 16» [3].

Таблица 10 – Значения мощностного баланса болида

Мощностной баланс болида								
N_T	32998,6	38567,1	47047,7	49668,7	46320,2	45281,7	45639,9	44427,0
$N_{д}$	1159,9	1457,3	2033,3	2296,5	2890,9	3224,3	3586,2	3785,3
$N_{д} + N_B$	3297,9	5157,7	9757,1	12209,8	18366,4	22119,7	26391,3	28817,1

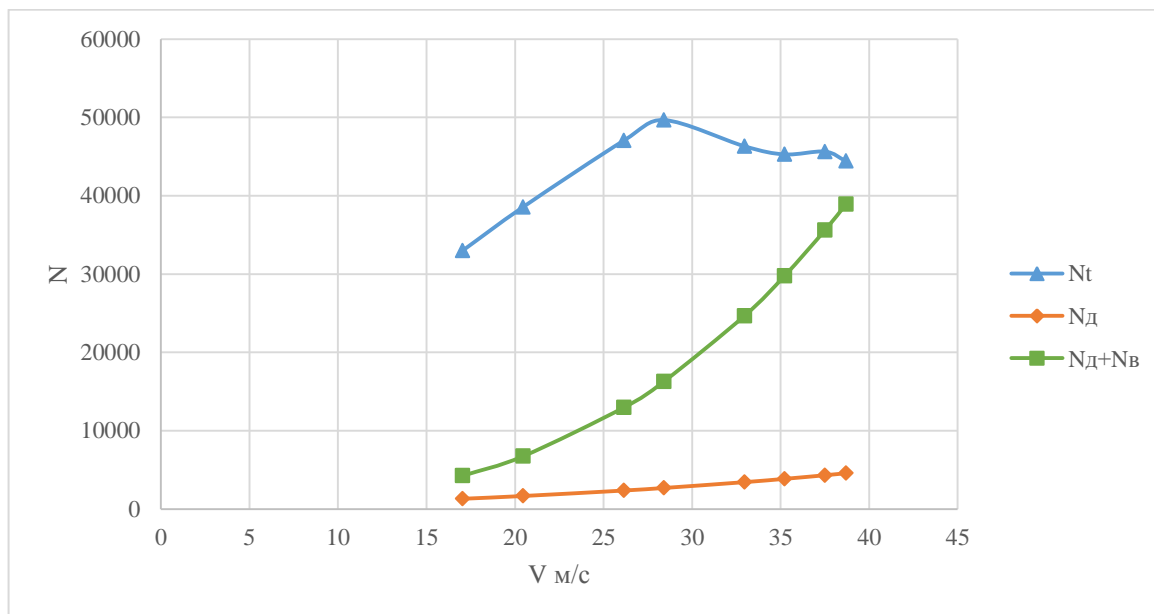


Рисунок 16 – Мощностной баланс болида

2.2 Анализ полученных данных

По итогам проведения исследовательской части дипломного проекта был проведен тягово-динамический расчет объекта испытаний на крутильную и изгибную жесткость электроболида “Formula Student”.

В результате данного расчета были построены следующие графики: мощностной баланс болида; силовой баланс болида; динамические характеристики болида; график зависимости мощности от частоты вращения; ускорения болида; обратные ускорения; время разгона; путь разгона.

Данные расчеты были произведены для более детального понимания объекта испытаний на крутильную и изгибную жесткость. Так как электроболид имеет свои особенности, что отличает его от стандартных болидов “Formula Student”

3. Технологическая часть

В данном разделе рассмотрим технологический процесс сборки станда на крутильную и изгибную жесткость, так же пошаговый порядок проведения испытаний на данном станде

3.1 Последовательность технологического процесса сборки станда

Производство станда является единичным. Сборка выполняется одним рабочим или группой рабочих на одном рабочем месте.

Спецификация задней и передней стойки представлены в приложении А.

Перечень работ по сборке передней и задней стойке представлены в таблице 11 и таблице 12

Таблица 11 - перечень сборочных работ для передней стойки станда

Содержание основных и вспомогательных переходов	Время, $t_{оп}$, мин
Взять две трубы $\varnothing 50\text{мм}$	0,5
Осмотреть трубу $\varnothing 50\text{мм}$	0,5
Взять стальной лист 5мм	0,5
Осматриваем стальной лист 5мм	0,5
Взять резак	0,5
Вырезать два стальных круга	1
Взять сварочный аппарат	0,5
Приварить стальной круг в трубу	1
Взять крепежи	0,5
Осмотреть крепежи	0,5
Взять сварочный аппарат	0,5
Приварить крепежи к стальным кругам	1
Взять трубку $\varnothing 8\text{мм}$	0,5
Осмотреть трубку $\varnothing 8\text{мм}$	0,5
Установить трубки между крепежами	1
Взять винты М4х25	0,5
Осмотреть винты М4х25	0,5
Вставить винты М4х25 соединив крепежи и трубки	1
Взять гайки М4	0,5

Продолжение таблицы 11

Содержание основных и вспомогательных переходов	Время, $t_{оп}$, мин
Осмотреть гайки М4	0,5
Накрутить гайки на винты М4х25	1
Взять стальной лист 10мм	0,5
Осматриваем стальной лист 10мм	0,5
Взять резак	0,5
Вырезать усилители	2
Взять сварочный аппарат	0,5
Приварить усилители к трубам	2
Взять стальные квадраты	0,5
Осмотреть стальные квадраты	0,5
Взять сверлильно-расточный аппарат	0,5
Просверлить отверстия в стальном квадрате	2
Взять сварочный аппарат	0,5
Приварить квадраты к трубам с усилителями	2
Взять швеллеры 5п	0,5
Осмотреть швеллеры 5п	0,5
Взять сверлильно-расточный аппарат	0,5
Просверлить отверстия в швеллере 5п	2
Взять стальные пластины 140х20	0,5
Осмотреть стальные пластины 140х20	0,5
Взять сварочный аппарат	0,5
Приварить стальные пластины к швеллерам 5п	2
Взять болт М10х35	0,5
Осмотреть болт М10х35	0,5
Взять шайбу М10	0,5
Осмотреть шайбу М10	0,5
Соединить швеллер 5п и стальной квадрат болтом М10х35	2
Взять гайку М10	0,5
Осмотреть гайку М10	0,5
Накрутить гайку М10 на болт М10х35	1
<i>Всего</i> $\Sigma t_{оп}$	38,5

Таблица 12 – перечень сборочных работ для задней стойки стенда

Содержание основных и вспомогательных переходов	Время, $t_{оп}$, мин
Взять трубу $\varnothing 50$ мм	0,5
Осмотреть трубу $\varnothing 50$ мм	0,5
Взять стальной лист 10мм	0,5
Осматриваем стальной лист 10мм	0,5
Взять резак	0,5
Вырезать усилители	2
Взять сварочный аппарат	0,5
Приварить усилители к трубе	2

Продолжение таблицы 12

Содержание основных и вспомогательных переходов	Время, $t_{оп}$, мин
Взять стальные квадраты	0,5
Осмотреть стальные квадраты	0,5
Взять сверлильно-расточный аппарат	0,5
Просверлить отверстия в стальном квадрате	2
Взять сварочный аппарат	0,5
Приварить квадраты к трубам с усилителями	2
Взять швеллеры 5п	0,5
Осмотреть швеллеры 5п	0,5
Взять сверлильно-расточный аппарат	0,5
Просверлить отверстия в швеллере 5п	2
Взять стальные пластины 140x20	0,5
Осмотреть стальные пластины 140x20	0,5
Взять сварочный аппарат	0,5
Приварить стальные пластины к швеллерам 5п	2
Взять болт М10x35	0,5
Осмотреть болт М10x35	0,5
Взять шайбу М10	0,5
Осмотреть шайбу М10	0,5
Соединить швеллер 5п и стальной квадрат болтом М10x35	2
Взять гайку М10	0,5
Осмотреть гайку М10	0,5
Накрутить гайку М10 на болт М10x35	1
Взять ось	0,5
Осмотреть ось	0,5
Взять транспортир	0,5
Осмотреть транспортир	0,5
Взять клей	0,5
Приклеить транспортир к оси	1
Взять стальную пластину 200x50	0,5
Осмотреть стальную пластину 200x50	0,5
Взять сверлильно-расточный аппарат	0,5
Просверлить отверстия в стальной пластине 200x50	1
Взять крепежи оси	0,5
Проверить крепежи оси	0,5
Взять стопор оси	0,5
Осмотреть стопор оси	0,5
Взять сварочный аппарат	0,5
Приварить стопор оси к крепежу оси	1
Взять сварочный аппарат	0,5
Приварить крепежи и стальную пластину 200x50 к трубе	2
Соединить ось с крепежом оси	0,5
Взять гайку М8	0,5
Осмотреть гайку М8	0,5
Взять сварочный аппарат	0,5
Приварить гайку к стальной пластине 200x50	1
Взять болт М8x130	0,5

Продолжение таблицы 12

Содержание основных и вспомогательных переходов	Время, $t_{оп}$, мин
Осмотреть болт М8х130	0,5
Закрутить болт М8х130 в гайку М8	1
Взять шайбу	0,5
Осмотреть шайбу	0,5
Накрутить шайбу на болт М8х130	1
Взять стальную квадратную трубу	0,5
Осмотреть стальную квадратную трубу	0,5
Взять стальную трубу $\varnothing 25$ мм	0,5
Осмотреть стальную трубу $\varnothing 25$ мм	0,5
Взять сварочный аппарат	0,5
Приварить стальную трубу $\varnothing 25$ мм к квадратной трубе	1
Установить стальную трубу на шайбы	0,5
<i>Всего</i> $\sum t_{оп}$	49

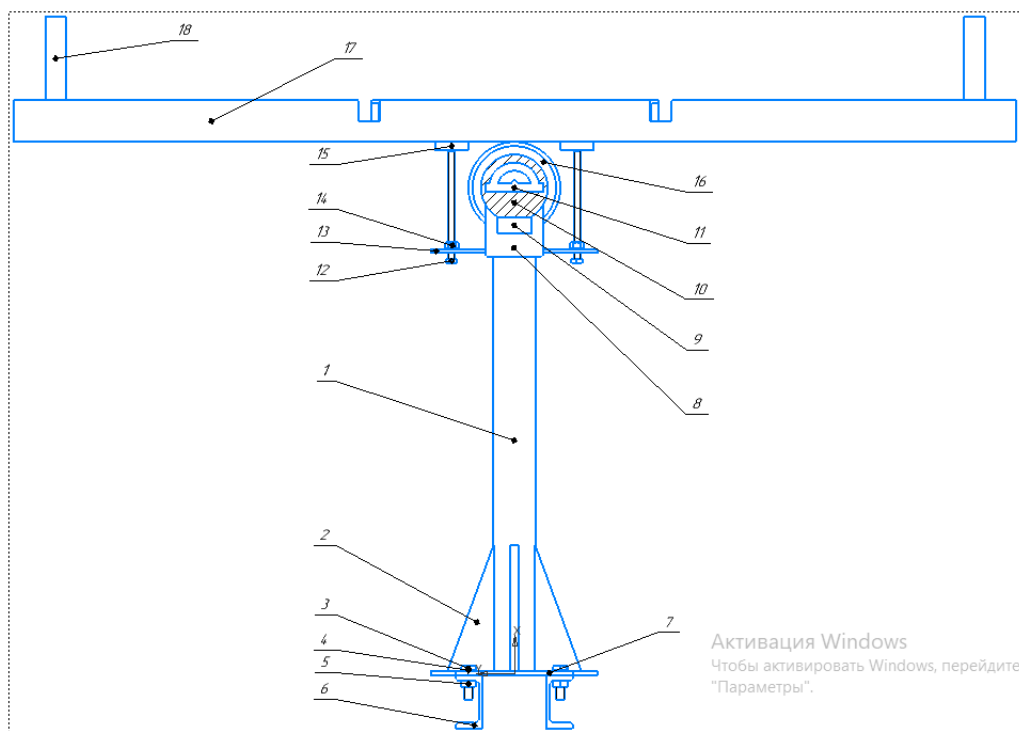
3.2 Порядок проведения испытаний

Испытание на кручение

1. Перед началом работ требуется ознакомиться с требованиями безопасности при работе на стенде.

2. Необходимо ознакомиться с габаритами объекта испытания и подготовить необходимые размеры на стенде. Установить стойки передней части стенда в необходимом положении. Так же установить переднюю часть стенда на установленном расстоянии.

3. Установить раму болида в пазы задней стойки представленным на рисунке 17 стенда и закрепить её стяжками. Закрепить болид с передней стойкой стенда изображенном на рисунке 18 в местах крепления амортизатора.

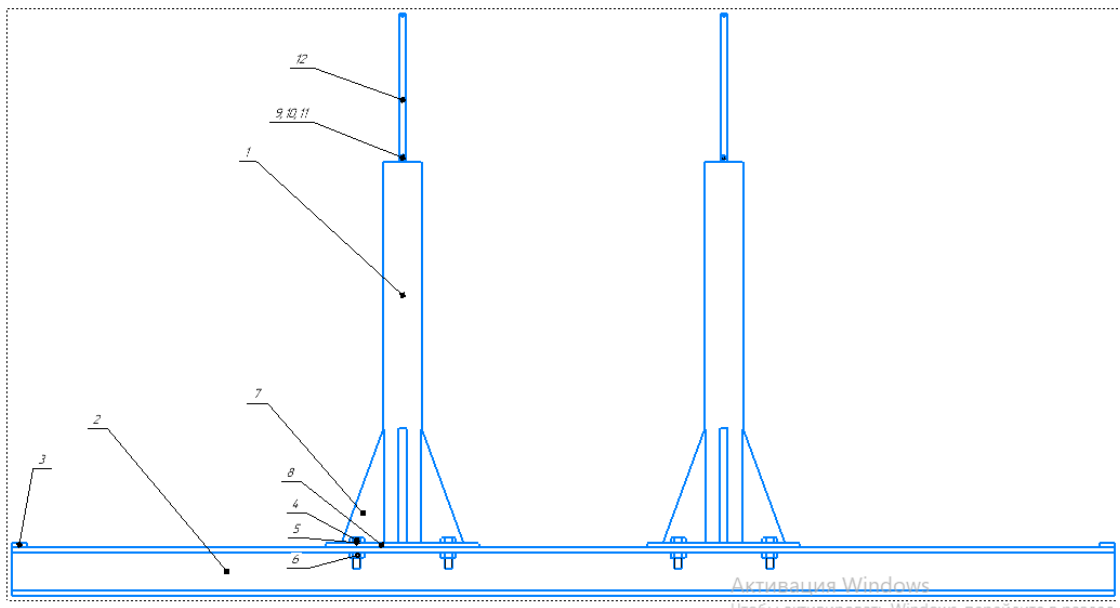


- 1- стальная труба $\varnothing 50$; 2- усилитель; 3- болт M10x35; 4- шайба M10; 5- гайка M10; 6- швеллер 5п; 7- стальной квадрат 200мм; 8- крепеж оси; 9- стопор оси; 10- ось; 11- транспортер; 12- болт M8x130; 13- стальная пластина 200x50; 14- гайка M8; 15- шайба; 16- подшипник 180512; 17- труба стальная квадратная 50мм; 18- стальная труба $\varnothing 25$

Рисунок 17 – задняя стойка стенда

4. После установки рамы на стенд, необходимо закрепить на задней части болида проволочку, которая будет показывать скручивание рамы во время испытания относительно стенда, показания угла скручивания в градусах снимать с транспортера, после перевести в угол скручивания α радианы.

5. Установить на стальной трубе (18) задней стойки стенда грузы, для создания на плече относительно центра стенда крутящий момент, действующий на раму.



- 1- стальная труба Ø50; 2- швеллер 5п; 3- стальная пластина 140x20; 4- болт М10x35;
 5- шайба М10; 6- гайка М10; 7- усилитель; 8- стальной квадрат 200мм; 9- крепеж;
 10- винт М4x25; 11- гайка М4; 12- стальная трубка

Рисунок 18 – передняя стойка стенда

6. После проведения испытания, необходимо рассчитать момент кручения рамы по формуле (22)

$$M_{max} = 0,5 \cdot G_1 \cdot b \quad (22)$$

где G_1 – вес, приходящийся на ось автомобиля, кг;

b – колея автомобиля, мм.

7. По результатам испытания рассчитать крутильную жёсткость рамы по формуле (23)

$$C_r = \frac{M_{max}}{\alpha} \quad (23)$$

8. Испытания повторить 3 раза, за результат принять среднее значение.

Испытание на изгиб

1. Перед началом работ требуется ознакомиться с требованиями безопасности при работе на стенде.

2. Необходимо ознакомиться с габаритами объекта испытания и подготовить необходимые размеры на стенде. Установить стойки передней части стенда в необходимом положении. Так же установить переднюю часть стенда на установленном расстоянии.

3. Установить раму болида в пазы задней стойки (Рисунок 17) стенда и закрепить её стяжками. Закрепить болид с передней стойкой стенда (Рисунок 18) в местах крепления амортизатора.

4. После установки рамы на стенд, необходимо закрепить на задней части болида проволочку, которая будет показывать скручивание рамы во время испытания относительно стенда, показания угла скручивания в градусах снимать с транспортира, после перевести в угол скручивания α радианы.

5. Измерить расстояние от пола до нижней точки рамы болида.

6. Установить грузы, имитирующие вес узлов, агрегатов, оборудования установленного в болиде, установить груз равно половине массы водителя.

7. Измерить расстояние от пола до нижней рамы болида, максимальный прогиб не должен превышать 1мм.

8. По результатам испытания рассчитать изгибную жёсткость рамы по формуле (24)

$$C_z = \frac{F}{f} \quad (24)$$

где F – вертикальная нагрузка на сидение водителя, Н;

f – деформация рамы, мм.

Выводы по разделу

В данном разделе был составлен технологический процесс сборки стенда на крутильную и изгибную жесткость электроболида. Технология сборки является одним из основных показателей в качестве и надежности выпускаемого продукта.

В разделе представлена последовательная инструкции по работе на данном стенде, включающая в себя действия перед работай на стенде, работам по установке объекта испытаний, проведение испытаний на крутильную жесткость электроболида с расчетом итоговых параметров испытания, а также на изгибную жесткость с выполнением итоговых расчетов параметров испытания.

4. Экономическое обоснование и эффективность

4.1 Краткая характеристика сравниваемых вариантов

Стенд для исследования на крутильную и изгибную жёсткость автомобиля Formula Student. Устройство в виде стационарного стенда, состоящего из двух независимых стоек.

4.2 Исходные данные на проектный расчёт

Расчетные параметры представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Расчетные параметры

Показатели	Условные» обозначен.	Ед. измер.	Значение показателей	
			Базов.	Проектн.
1 Годовая программа	Пг	шт	1	1
2 Время машинное (оперативное)	Топ	час	1	0,95
3 Норма обслуж. раб.места	а	%	8	8
4 Норма на отдых и лич. надоб.	б	%	6	6
5 Часовая тарифная ставка:	Сч	Руб/час	3р--180	3р--180
			4р--190	4р--190
			5р--200	5р--200
6 Коэф. доплат к осн. з/плате	Кд	%	1,88	1,88
7 Страховые взносы в фонды	Кс	%	30	30
8 Цена оборудования	Цоб	руб	Расчет	расчет
9 Коэф. на доставку и монтаж	Кмон	%	1,25	1,25
10 Годовая норма амор. на площ.	На	%	2,5	2,5
11 Годов.норма аморти. оборуд.	На	%	10	10
12 Площадь под оборудов.	Руд.	м ²	3,05	2,97
13 Коэф. допол. площади	Кд.пл		4	4
14 Цена эл. энергии	Цэ	руб/квч	3,4	3,4
15 Цена 1м ² площади	Цпл	руб/м ²	4000	4000
16 Стоимость эксплуат. произ. площади	Сэксп	руб/м ²	2000	2000
17 К-во рабочих на техпроцессе	Чр	Чел.	1	1
18 Коэф. транс.заготов. расходов	Ктз	%	1,03	1,03
19 Коэф. возврат.отходов	Квоз.	%	2	2
20 Коэф. общепроиз. расходов	Копр	%	1,25	1,25
21 Коэф.общехоз.расх.	Кохр	%	1,6	1,6
22 Коэф. внепроизв. расходов	Квнепр.	%	0,02	0,02

4.3 Расчет фонда времени работы оборудования

4.3.1 Номинальный годовой фонд времени работы оборудования

«Рассчитаем номинальный фонд времени работы оборудования по формуле (25)

$$F_{\text{н}} = (D_{\text{р}} \cdot T_{\text{см}} - D_{\text{п}} \cdot T_{\text{п}}) \cdot C \quad (25)$$

где $D_{\text{р}}$ – количество рабочих дней в году;

$T_{\text{см}}$ – продолжительность смены;

$T_{\text{п}}$ – количество часов сокращения смен в предпраздничные дни;

$D_{\text{п}}$ – количество праздничных дней;

C – количество смен.» [6].

$$F_{\text{н}} = (247 \cdot 8 - 118 \cdot 1) \cdot 1 = 1858 \text{ час}$$

4.3.2 Эффективный фонд времени работы оборудования

Рассчитаем эффективный фонд времени работы оборудования $F_{\text{э}}$ по формуле (26)

$$F_{\text{э}} = F_{\text{н}} \cdot (1 - B/100) \quad (26)$$

где B – плановые потери рабочего времени. Установлен 5%.

$$F_{\text{э}} = 1858 \cdot (1 - 5/100) = 1765$$

4.4 Расчет технологической себестоимости оборудования

4.4.1 «Расчет статьи затрат «сырье и материалы»

Рассчитаем затраты на сырье и материалы по формуле (27) и занесем результаты в таблицу 14:

$$M = C_M \cdot Q_M \cdot \left(1 + \frac{K_{ТЗ}}{100} - \frac{K_{ВОТ}}{100}\right) \quad (27)$$

где C_M – оптовая цена материала, руб.;

Q_M – норма расхода материала;

$K_{ТЗ}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов, %;

$K_{ВОТ}$ – коэффициент возвратных расходов, %.» [6].

Таблица 14 – Расчет затрат на стенд

Наименование»	Ед. изм.	К-во	Цена	Сумма
СТАНДАРТНЫЕ ИЗДЕЛИЯ				
1 Труба стальная квадратная 50мм ГОСТ 8639-82	шт	2	350	700
2 Болт М10х35 ГОСТ 15589-70	шт	12	12	144
3 Шайба М10 ГОСТ 11371-78	шт	12	8	96
4 Гайка М10 ГОСТ 5915-70	шт	12	10	120
5 Швеллер 5П ГОСТ 8240-97	шт	4	230	920
6 Болт М8х130 ГОСТ 4017-2013	шт	2	20	40
7 Болт М4х20 ГОСТ 11738-84	шт	2	10	20
8 Гайка М4 ГОСТ 5915-70	шт	2	5	10
9 Подшипник 180512	шт	1	680	680
10 Гайка М8 ГОСТ 5915-70	шт	2	8	16
11 Стальная труба 50х0,5 ГОСТ 8734-75	шт	3	1200	3600
12 Стальной лист 5мм	шт	1	1000	1000
13 стальной лист 10мм	шт	1	1000	1000
ИТОГО				8634

«Рассчитаем трудоемкость (нормы штучного) времени и занесем в таблицу 15:

$$T_{шт} = T_{маш} + T_{всп} + T_{обсл} + T_{отл} + T_{п.з.} \quad (28)$$

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

$T_{маш}$ - машинное время, рассчитанное по техпроцессу;

$T_{всп}$ – вспомогательное время, затраченное на управление станком;

$T_{обсл}$ – время обслуживания рабочего места;

$T_{отл}$ – время перерывов, установленных технологией и организацией производственного процесса;

$T_{п.з.}$ – время на подготовительно-заключительную работу.» [6].

Таблица 15 – Расчет трудоемкости

Вид операции	Тмаш	Твсп	Тобсл	Тотл	Тпз	Тшт
1 Заготовительная	2	0,2	0,2	0,1	0,02	2,52
2 Сварочная	4	0,4	0,4	0,2	0,04	5,04
3 Токарная	5	0,5	0,5	0,25	0,05	6,3
4 Сверлильная	1,5	0,15	0,15	0,075	0,015	1,89
5 Слесарная	4	0,4	0,4	0,2	0,04	5,04
6 Сборочная	5	0,5	0,5	0,25	0,05	6,3
7 Окрасочная	2	0,2	0,2	0,1	0,02	2,52
8 Отладочная	5	0,5	0,5	0,25	0,05	6,3
Итого						35,91

4.4.2 «Затраты на основную и дополнительную заработную плату»

Рассчитаем основную заработную $Z_{\text{осн}}$ плату по формуле (29) и занесем результаты в таблицу 16:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{т}} \cdot K_{\text{д}} \quad (29)$$

где $Z_{\text{т}}$ – тарифная ставка, руб;

$K_{\text{д}}$ – коэффициент доплат к основной зарплате.» [6].

Таблица 16 – Расчет основной заработной платы

Виды операций	Разряд работы	Труд-ть, ч.-час	Часовая тарифная ставка	Зарплата по тарифу
1 Заготовительная	3	2,52	180	453,6
2 Сварочная	4	5,04	190	957,6
3 Токарная	4	6,3	190	1197
4 Сверлильно-расточные	3	1,89	180	340,2
5 Слесарные	5	5,04	200	1008
6 Сборочные	5	6,3	200	1260
8 Отладочные	5	6,3	200	1260
итого		35,91		6476,4
Коэффициент доплат к основной заработной плате				1,88
Основная з/плата				12175,6

Рассчитает тарифную ставку $Z_{\text{т}}$ по формуле (30)

$$З_{\text{т}} = C_{\text{ч}} \cdot T_{\text{шт}} \quad (30)$$

где $C_{\text{ч}}$ – часовая тарифная ставка, руб./час;

$T_{\text{шт}}$ – трудоемкость операции.

Рассчитаем дополнительную заработную плату $З_{\text{доп}}$ по формуле (31)

$$З_{\text{доп}} = З_{\text{осн}} \cdot (K_{\text{доп}}/100) \quad (31)$$

где $K_{\text{доп}}$ – коэффициент соотношения между основной и дополнительной заработной платой, %.

$$З_{\text{доп}} = 5898,3 \cdot 10/100 = 589,83$$

4.4.3 «Страховые взносы в фонды»

Рассчитаем страховые взносы в фонды $O_{\text{сс}}$ по формуле (32)

$$O_{\text{сс}} = \text{ФОТ} \cdot (K_{\text{сс}}/100) = (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) K_{\text{сс}}/100 \quad (32)$$

где $K_{\text{сс}}$ – коэффициент отчислений на социальные нужды, %;

ФОТ-фонд оплаты труда по основной и дополнительной зарплате.» [6].

$$O_{\text{сс}} = (5898,3 + 589,83) \cdot 30/100 = 2205,96$$

4.4.4 Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования

4.4.4.1 «Затраты на амортизацию оборудования»

Рассчитаем затраты на амортизацию оборудования $A_{\text{об}}$ по формуле (33) за нанесем результаты в таблицу 17:

$$A_{\text{об}} = Ц_{\text{об}} \cdot (H_{\text{а}}/100) \cdot T_{\text{маш}}/F_{\text{э}} \quad (33)$$

где $Ц_{\text{об}}$ – стоимость оборудования, применяемого при изготовлении (модернизации) оборудования, руб;

$H_{\text{а}}$ – норма амортизации данного оборудования, %;

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

F_3 – эффективный фонд времени работы оборудования, час.» [6].

Таблица 17 – Расчет затрат на амортизацию оборудования

Вид оборудования	Цена оборуд.	Норма амортизации (%)	Время машинное	Эффективный фонд времени	Сумма амортиз. Отчисл.
1 Сверлильно-расточный станок	50000	12	1,5	2023	4,45
2 Слесарный инструмент	50000	10	4	2023	9,89
3 Аппарат для РДС	27500	20	4,0	2023	10,87
4 Токарный станок	120000	12	5,0	2023	35,59
итого	157000				60,8

4.4.4.2 «Затраты на электроэнергию»

Рассчитаем затраты на электроэнергию $P_{\text{ээ}}$ по формуле (34) и занесем результаты в таблицу 18:

$$P_{\text{ээ}} = M_y \cdot T_{\text{маш}} \cdot C_{\text{ээ}} / \text{КПД} \quad (34)$$

где M_y – установленная мощность оборудования, кВт;

$C_{\text{ээ}}$ – стоимость 1 кВт – час электроэнергии, руб/кВт·час.» [6].

Таблица 18 – Расчет затрат на электроэнергию

Вид оборудования	Установ. мощность оборудования	Время машинное	Цена эл.энергии	КПД	Затраты на эл. энергию, руб.
1 Аппарат для РДС	4,5	4,0	4,8	0,8	76,5
2 Токарный станок	8	5,0	4,8	0,8	170
4 Сверлильно-расточный	4	1,5	4,8	0,7	29,14
5 Слесарный инструмент	2	4	4,8	0,7	38,86
итого					314,5

«Рассчитаем затраты на работу оборудования по формуле (35)

$$Z_{об} = A_{об} \cdot P_{ээ} \quad (35)$$

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

$P_{ээ}$ – расходы на электроэнергию, руб.» [6].

$$Z_{об} = 60,8 + 314,5 = 375,3$$

4.4.5 Затраты на амортизацию, содержание и эксплуатацию производственных площадей

4.4.5.1 «Затраты на амортизацию производственных площадей

$$A_{пл} = (C_{пл} \cdot N_{а.пл} \cdot S \cdot T_{шт}) / (F_{эф} \cdot 100) \quad (36)$$

где $C_{пл}$ – стоимость приобретения площадей, руб/м²;

$N_{а.пл}$ – амортизационные отчисления на эксплуатацию площадей, %;

S – площадь, необходимая по техпроцессу, м².» [6].

$$A_{пл} = (4000 \cdot 2,5 \cdot 11,88 \cdot 1,62) / (2023 \cdot 100) = 0,95$$

4.4.5.2 Расходы на содержание и эксплуатацию площадей

$$P_{пл} = C_{эксп} \cdot S \cdot T_{шт} / F_{э} \quad (37)$$

Подставим значения в формулу (37), найдем расходы на содержание и эксплуатацию площадей:

$$P_{пл} = 2000 \cdot 11,88 \cdot \frac{1,62}{2023} = 19,03 \text{ руб.}$$

4.4.6 «Технологическая стоимость изготовления стенда

$$C_{\text{тех}} = M + \Pi_{\text{и}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + O_{\text{сс}} + Z_{\text{об}} + Z_{\text{пл}} \quad (38)$$

Зная формулу и прошлые вычисления, подставим значения в формулу (38) и найдем технологическую стоимость изготовления стенда.» [6].

$$\begin{aligned} C_{\text{тех}} &= 10574,3 + 2352 + 5898,3 + 589,83 + 2205,96 + 375,3 + 19,98 = \\ &= 22015,67 \text{ руб.} \end{aligned}$$

4.4.7 «Общепроизводственные расходы

$$P_{\text{опр}} = Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{опр}} \quad (39)$$

где $K_{\text{опр}} = 1,25$ – коэффициент общепроизводственных расходов.

$$P_{\text{опр}} = 4410 \cdot 1,25 = 5512,5$$

4.4.8 Общепроизводственные расходы

$$P_{\text{охр}} = Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{охр}} \quad (40)$$

где $K_{\text{охр}} = 1,6$

$$P_{\text{охр}} = 5898,3 \cdot 1,6 = 9437,28$$

4.4.9 Внепроизводственные расходы

Составляют 2% от производственной себестоимости.

$$P_{\text{вн}} = 59347,55 \cdot 0,02 = 1186,95 \text{ руб.}$$

Рассчитаем полную себестоимость по формуле (41)

$$C_{\text{пол}} = C_{\text{тех}} + P_{\text{опр}} + P_{\text{охр}} + P_{\text{вн}} \quad (41)$$

Подставим значения в формулу (41) и рассчитаем полную себестоимость и вставим результаты в таблицу 19» [6].

$$C_{\text{пол}} = 22015,67 + 5512,5 + 9437,28 + 1186,95 = 38152,4 \text{ руб.}$$

Таблица 19 – Калькуляция и структура себестоимости внедрения стенда

Статьи затрат	Обозначение	Сумма, руб.	Уд. вес, %
«1 Сырье и материалы	М	10574,3	16,19
2 Покупные изделия и полуфабрикаты	Пи	2352	46,37
3 Основная зарплата	Зосн	5898,3	6,52
4 Дополнительная з/плата	Здоп.	589,83	5,74
5 амортизация на соц. нужды	Осс	2205,96	4,17
6 Затраты на использование оборудования	Зоб.	375,3	0,43
7 Затраты на использование площади	Зпл	19,98	0,03
8 Технологическая себестоимость	Стех.	22015,67	79,45
9 Общепроизводственные расходы	Ропр	5512,5	8,15
10 Общехозяйственные расходы	Рохр	9437,28	10,44
11 Производственная себестоимость	Спр	59347,5	98,04
12 Внепроизводственные расходы	Рвн	1186,95	1,96
13 Полная себестоимость» [6].	Спол	38152,4	100

4.5 Расчет необходимого количества оборудования и коэффициента его загрузки

4.5.1 «Расчет штучного времени оказания услуги

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{маш}} \cdot (1 + (N_{\text{обс}} + N_{\text{отд}}) / 100) \quad (42)$$

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

$N_{\text{обс}}$ – норма времени обслуживания рабочего места, %;

$N_{\text{отл}}$ – норма времени на отдых и личные надобности рабочего, %.» [6].

Подставим значения в формулу (41) и посчитаем $T_{\text{шт.баз.}}$ и $T_{\text{шт.расч.}}$

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

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

4.5.2 «Производственная программа оказания услуги

$$\Pi_{\Gamma} = F_{\text{эф}} / T_{\text{шт}} \quad (43)$$

Рассчитаем производственную программу оказания услуг подставив значения в формулу (43)

$$\Pi_{\Gamma} = 2032 / 1,62 = 1254 \text{ ед. в год}$$

$$\Pi_{\Gamma, \text{пред.}} = 2032 / 1,69 = 1202 \text{ ед. в год}$$

4.5.3 Расчетное количество основного технологического оборудования

$$N_{\text{об.расч.}} = (T_{\text{шт}} \cdot \Pi_{\Gamma}) / (F_{\text{эф}} \cdot K_{\text{вн}}) \quad (44)$$

где $K_{\text{вн}}$ – коэффициент выполнения нормы, принимаем как 1

$$N_{\text{об.расч.}} = (1,62 \cdot 1249) / (2023 \cdot 1) = 1$$

Принимаем количество необходимого оборудования равным 1 (ед)» [6].

4.5.4 «Коэффициент загрузки оборудования

$$K_3 = \Pi_{\Gamma, \text{пред.}} / \Pi_{\Gamma, \text{расч.}} \quad (45)$$

Рассчитаем коэффициент загрузки оборудования подставляя значения в формулу (45), подставим полученные данные в таблицу 20» [6].

Базовый вариант:

$$K_3 = 1100 / 1254 = 0,88$$

Проектный вариант:

$$K_3 = 1100 / 1202 = 0,92$$

Таблица 20 – Количество оборудования и коэффициент его загрузки

Наименование показателей	Условные обозначения	Базовый вариант	Проектный вариант
1 Норма штучного времени	Тшт	1,69	1,62
2 Производственная программа	Пг	900	900
3 Расчет количества оборудования	Ноб.расч	1	1
4 Принятое количество оборудования	Ноб.пр	1	1
5 Коэффициент загрузки оборудования	Кз	0,92	0,88

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

4.6.1 «Общие капитальные вложения в оборудование по базовому варианту»

Рассчитаем общие капитальные вложения в оборудование по формуле

(46)

$$K_{\text{общ}} = K_{\text{об}} = N_{\text{об}} \cdot C_{\text{об}} \cdot K_3 \quad (46)$$

где K_3 – коэффициент загрузки оборудования по базовому варианту;

$C_{\text{об}}$ – остаточная стоимость оборудования с учетом срока службы, руб.;

$N_{\text{об}}$ – принятое количество оборудования, необходимого для выполнения производственной программы по базовому варианту.

Рассчитаем принятое количество оборудования, необходимого для выполнения производственной программы по формуле (47)

$$C_{\text{об}} = C_{\text{перв}} - (C_{\text{перв}} \cdot T_{\text{сл}} \cdot N_a / 100) \quad (47)$$

где $C_{\text{перв}}$ – первоначальная (балансовая) стоимость оборудования, руб.;

$T_{\text{сл}}$ – срок службы оборудования на момент выполнения расчета, лет;

N_a – норма амортизации на реновацию оборудования, %.» [6].

$$C_{\text{об}} = 325500 - (325500 \cdot 6 \cdot 10 / 100) = 130200$$

$$K_{\text{об}} = 1 \cdot 325500 \cdot 0,92 = 119784 \text{ руб.}$$

4.6.1.1 «Капитальные вложения в оборудование»

$$K_{об} = H_{об} \cdot C_{пр} \cdot K_{т.з.} \cdot K_{з.б.} \quad (48)$$

где $C_{пр}$ – стоимость приобретенного нового оборудования, руб;

$K_{т.з.}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы на доставку оборудования (принимаем 3%);

$K_{з.б.}$ – коэффициент загрузки оборудования по базовому варианту.

$$K_{об} = 1 \cdot 325500 \cdot 1,03 \cdot 0,92 = 308443,8 \text{ руб.}$$

4.6.1.2 Капитальные вложения в дополнительные площади

$$K_{пл} = C_{пл} \cdot (S_{пр} - S_{б}) \cdot K_{з.б.} \quad (49)$$

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

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

$K_{з.б.}$ – коэффициент загрузки по базовому варианту.

$$K_{общ} = 1 \cdot 3,05 \cdot 4 \cdot 4000 \cdot 0,92 = 44896 \text{ руб.}$$

$$K_{об} = 1 \cdot 325500 + 44896 + 15422,19 = 385818,19 \text{ руб.}$$

4.6.1.3 Сопутствующие капитальные затраты

$$Z_{соп} = Z_{дем} + Z_{монт} \quad (50)$$

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

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

$$Z_{монт} = H_{об} \cdot K_{общ} \cdot K_{монт}/100 \quad (51)$$

Посчитаем затраты на монтаж нового оборудования подставив значения в формулу (51)

$$Z_{монт} = 1 \cdot 308443,8 \cdot 5/100 = 15422,19 \text{ руб.}$$

Из-за того, что стенд монтируется первый раз, затраты на демонтаж не рассчитываются.» [6].

4.6.2 «Общие капитальные вложения по проектному варианту

$$K_{\text{общ}} = K_{\text{об}} + K_{\text{пл}} + Z_{\text{соп}} \quad (52)$$

где $K_{\text{об}}$ - капитальные вложения в оборудование, руб.;

$K_{\text{пл}}$ - капитальные вложения в дополнительные площади, руб.;

$Z_{\text{соп}}$ - сопутствующие капитальные затраты, руб.

Подставим значения в известную формулу (52) и найдем значение общих капитальных вложений по проектному варианту.

$$K_{\text{общ}} = 30460 + (1 \cdot 2,97 \cdot 4 \cdot 4000 \cdot 0,88) + Z_{\text{соп}}$$

4.6.2.1 Капитальные вложения в оборудование

$$K_{\text{об}} = H_{\text{об}} \cdot C_{\text{перв}} \cdot K_{\text{т-з}} \cdot K_3 \quad (53)$$

где $C_{\text{перв}}$ - стоимость приобретения нового оборудования;

$K_{\text{т-з}}$ - коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы на доставку равный 3 %;

K_3 - коэффициент загрузки оборудования по проектному варианту.

$$K_{\text{об}} = 1 \cdot 30460 \cdot 1,03 \cdot 0,88 = 27608,94 \text{ руб.}$$

4.6.2.2 Капитальные вложения в дополнительные площади

$$K_{\text{пл}} = C_{\text{пл}} \cdot (S_{\text{пр}} - S_{\text{б}}) \cdot K_3 \quad (54)$$

где $S_{\text{пр}} - S_{\text{б}}$ — дополнительная площадь по проектному варианту, м²;

$C_{\text{пл}}$ - стоимость приобретения площади, руб/м²;

K_3 - коэффициент загрузки по проектному варианту.

$$K_{\text{пл}} = 1 \cdot 2,97 \cdot 4 \cdot 4000 \cdot 0,88 = 41817,6 \text{ руб.}$$

$$K_{об} = 1 \cdot 30460 \cdot 1,03 + 41817,6 + 2671,2 = 75862,6 \text{ руб.}$$

4.6.2.3 Сопутствующие капитальные затраты

$$Z_{соп} = Z_{дем} + Z_{монт} \quad (55)$$

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

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

Рассчитаем затраты на монтаж нового оборудования по формуле (56)

$$Z_{монт} = H_{об} \cdot K_{общ} \cdot K_{монт}/100 \quad (56)$$

$$Z_{монт} = 907,2 + 504 + 630 + 630 = 2671,2 \text{ руб.}$$

Из-за того, стенд монтируется первый раз, то на демонтаж затраты не рассчитываются.» [6].

4.6.3 «Дополнительные капитальные вложения

$$K_{доп} = K_{общ} - K_{общ.б.} \quad (57)$$

где $K_{общ}$ – общие капиталовложения по проектному варианту;

$K_{общ.б.}$ – общие капитальные вложения и базовому варианту.

Дополнительные вложения не требуются, так как создание собственного стенда экономичнее, чем покупка готового товара.

4.6.4 Удельные капитальные вложения

Рассчитаем удельные капитальные вложения по формуле (58) и подставим полученные значения в таблицу 21:

$$K_{уд} = K_{общ} / П_{г}. \quad (58)$$

где $П_{г}$ - производственная (годовая) программа оказания услуг, шт/год.» [6].

$$K_{уд.б.} = 385818,19 / 1100 = 350,74 \text{ руб.}$$

$$K_{уд.п} = 112152,96 / 1100 = 101,96 \text{ руб.}$$

Таблица 21 – Расчет капитальных вложений по вариантам

Наименование	Базовый вариант	Проектный вариант
1 «Общие капвложения в оборудование с учетом ТЗР(3%)	325500	67664,16
2 Сопутствующие капвложения по проектному варианту	15422,19	2671,2
3 Затраты на производственную площадь, занятую оборудованием	44896	41817,6
4 Общие капиталовложения	385818,19	112152,96
5 Удельные капвложения» [6].	350,74	101,96

4.7 Расчет технологической себестоимости эксплуатации базового и проектируемого оборудования при оказании услуг

4.7.1 «Основная и дополнительная зарплата рабочих

Рассчитаем основную заработную плату рабочих по формуле (59)

$$З_{осн} = C_{ч} \cdot t_{шт} \cdot K_{д} \quad (59)$$

где $C_{ч} = 200$ – это ставка 5 разряда.

Базовый вариант:

$$З_{осн} = 200 \cdot 1,69 \cdot 1,88 = 635$$

Проектный вариант:

$$З_{осн} = 200 \cdot 1,62 \cdot 1,88 = 609$$

Рассчитаем дополнительную плату рабочих по формуле (60):

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot (K_{\text{доп}}/100) \quad (60)$$

Базовый вариант:

$$Z_{\text{доп}} = 635 \cdot (10/100) = 63,5$$

Проектный вариант:

$$Z_{\text{доп}} = 609 \cdot (10/100) = 60,9$$

4.7.2 Страховые взносы в фонды

Найдем необходимые выплаты на социальные нужды по формуле (61):

$$O_{\text{сс}} = \text{ФОТ} \cdot K_{\text{с}} = (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \cdot K_{\text{сс}} \quad (61)$$

Подставив значения в формулу (61) и найдем страховые взносы в фонд по базовому и проектному варианту:» [6].

Базовый вариант:

$$O_{\text{сс}} = (635+63,5) \cdot 0,3 = 209$$

Проектный вариант:

$$O_{\text{сс}} = (609+60,9) \cdot 0,3 = 201$$

4.7.3 «Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования и производственных площадей

4.7.3.1 Амортизация оборудования

Рассчитаем амортизацию оборудования по формуле (62):

$$A_{\text{об}} = (Ц_{\text{об}} \cdot N_{\text{а}} \cdot T_{\text{маш}}) / F_{\text{э}} \cdot 100 \quad (62)$$

Подставим значения в формулу (62) и получим амортизацию оборудования по базовому и проектному варианту:

Базовый вариант:

$$A_{об} = (325500 \cdot 10 \cdot 1,69) / 2023 \cdot 100 = 27$$

Проектный вариант:

$$A_{об} = (67664,17 \cdot 10 \cdot 1,62) / 2023 \cdot 100 = 5,4$$

4.7.3.2 Амортизация площади

$$A_{пл} = (Ц_{пл} \cdot N_{а.пл} \cdot S \cdot T_{шт}) / F_э \cdot 100 \quad (63)$$

Рассчитаем амортизацию площади по формуле (63) по базовому и проектному варианту:

Базовый вариант:

$$A_{пл} = (4000 \cdot 3,05 \cdot 4 \cdot 2,5 \cdot 1,69) / 2023 \cdot 100 = 1$$

Проектный вариант:

$$A_{пл} = (4000 \cdot 2,97 \cdot 4 \cdot 2,5 \cdot 1,62) / 2023 \cdot 100 = 0,95$$

4.7.3.3 Расходы на эксплуатацию площади

Рассчитаем расходы на эксплуатацию площади по формуле (64):

$$P_{пл} = C_{эсп} \cdot S \cdot T_{шт} / F_э \quad (64)$$

Базовый вариант:

$$P_{пл} = 2000 \cdot 12,2 \cdot 1,69 / 2023 = 20$$

Проектный вариант:

$$P_{пл} = 2000 \cdot 11,88 \cdot 1,62 / 2023 = 19$$

4.7.3.4 Затраты на текущий ремонт оборудования» [6].

$$P_{\text{роб}} = H_{\text{об}} \cdot Ц_{\text{об}} \cdot K_3 \cdot T_{\text{шт}} \cdot K_p / \Phi_3 \cdot 60 \cdot K_{\text{вн}} \quad (65)$$

Базовый вариант:

$$P_{\text{роб}} = 1 \cdot 325500 \cdot 0,75 \cdot 1,69 \cdot 0,3 / 2023 \cdot 1 = 61$$

Проектный вариант:

$$P_{\text{роб}} = 1 \cdot 67664,17 \cdot 0,75 \cdot 1,62 \cdot 0,3 / 2023 \cdot 1 = 12$$

4.8 Калькуляция и структура полной себестоимость эксплуатации базовой и проектируемой конструкции и цена оказания услуги

4.8.1 Общехозяйственные заводские накладные расходы

Рассчитаем общехозяйственные заводские накладные расходы по формуле (66):

$$P_{\text{охр}} = Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{охр}} \quad (66)$$

Подставим значения и найдем значения для базовой и проектной калькуляции:

Базовый вариант:

$$P_{\text{охр}} = 635 \cdot 1,6 = 1016$$

Проектный вариант:

$$P_{\text{охр}} = 609 \cdot 1,6 = 974$$

4.8.2 Общехозяйственные расходы

Найдем по формуле (67) подставив значения для базовой и проектной калькуляции:

$$P_{\text{опр}} = Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{опр}} \quad (67)$$

Базовый вариант:

$$P_{\text{опр}} = 635 \cdot 1,25 = 794$$

Проектный вариант:

$$P_{\text{опр}} = 609 \cdot 1,25 = 761$$

4.8.3 «Производственная себестоимость»

Рассчитаем производственную себестоимость по формуле (68)

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{тех}} + P_{\text{опр}} + P_{\text{охр}} \quad (68)$$

Базовый вариант:

$$C_{\text{пр}} = 1178 + 794 + 1016 = 2989$$

Проектный вариант:

$$C_{\text{пр}} = 1068 + 761 + 974 = 2804$$

4.8.4 Внепроизводственные расходы

Рассчитаем внепроизводственные расходы по формуле (69) и найдем значения для базовой и проектной калькуляции» [6].

$$P_{\text{вн}} = C_{\text{пр}} \cdot K_{\text{внепр}} \quad (69)$$

Базовый вариант:

$$P_{\text{вн}} = 2989 \cdot 0,02 = 59,8$$

Проектный вариант:

$$P_{\text{вн}} = 2804 \cdot 0,02 = 56,1$$

4.8.5 Полная себестоимость

$$C_{\text{полн}} = C_{\text{пр}} + P_{\text{вн}} \quad (70)$$

Базовый вариант:

$$C_{\text{полн}} = 2989 + 59,8 = 3048,8$$

Проектный вариант:

$$C_{\text{полн}} = 2804 + 56,1 = 2860,1$$

Внесем найденные нами значения в таблицу 22:

Таблица 22 – Себестоимость эксплуатации базовой и проектируемой конструкции

Статьи затрат	Калькуляция, руб.	
	базовый	проектный
1 Материалы	8634	8634
2 Основная зарплата рабочих	635	609
3 Дополнительная зарплата рабочих	63,5	60,9
4 Страховые взносы в фонд	209	201
5 Расходы на содержание оборудования и производственных площадей	209	137
6 Технологическая себестоимость	1178	1068
7 Общехозяйственные расходы	794	761
8 Общехозяйственные заводские накладные расходы	1016	974
9 Производственная себестоимость	2989	2804
10 Внепроизводственные расходы	60	56
11 Полная себестоимость:	3049	2861
12 Прибыль предприятия	457	429
13 Цена услуги	3507	3290

В данном разделе была показана экономическая эффективность данного проекта по созданию станда и крутильную и изгибную жесткость электроболида. В этом разделе была предоставлена информации по стоимости материалов, для создания станда, стоимость оплаты работы сотрудникам, стоимость инструментов для создания и эксплуатации данного проекта. Так же была проделана работа по калькуляции и себестоимости базового и проектируемого проекта.

При анализе полученных расчетов мы получаем, что стоимость проектного варианта ниже базового варианта в 1,07 раза.

5. Безопасность и экологичность объекта

5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта

Для описания конструктивно-технологической и организационно-технической характеристики технологического процесса эксплуатации стенда для исследования на крутильную и изгибную жёсткость автомобиля “Formula Student” составлен технологический паспорт в таблице 23.

Таблица 23 - технологический паспорт технологического процесса эксплуатации стенда для исследования на крутильную и изгибную жёсткость автомобиля “Formula Student”

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Проектирование стенда для исследования на крутильную и изгибную жёсткость автомобиля “Formula Student”	1 Проверить крепление болтов в основании стенда 2 Проверить качество сварных швов на стенде 3 Проверить крепление болида на стенде в местах крепления амортизатора 4 Проверить крепление болида на стенде в задней части болида	Студент	Гаечный ключ на: «10»; «8»; «4»	

Продолжение таблицы 23

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
	5 Проверить крепление профильной трубы на подшипнике			

5.2 Идентификация профессиональных рисков

Результаты по идентификации профессиональных рисков при создании и эксплуатации стенда на крутильную и изгибную жесткость электроболида сведены в таблицу 24.

Таблица 24 - Идентификация профессиональных рисков

Выполняемая работа	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
1 Проверить крепление болтов в основании стенда	«Запыленность и загазованность воздуха»	Поднимающаяся пыль от инструмента, ног, транспорта
2 Проверить качество сварных швов на стенде	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	Технологическое оборудование, станки
3 Проверить крепление болида на стенде в местах крепления амортизатора	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля	Элементы конструкции стенда
4 Проверить крепление болида на стенде в задней части болида	Отсутствие или недостаток естественного света	Недостаточное количество окон, световых колодцев в помещении, где производится технологический процесс
5 Проверить крепление профильной трубы на подшипнике		

Продолжение таблицы 24

Выполняемая работа	ОиВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»	Источник возникновения ОиВПФ
	Монотонность труда, вызывающая монотонию	Однообразно повторяющиеся технологические операции»[7].

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Методы и средства снижения профессиональных рисков при создании и эксплуатации стенда на крутильную и изгибную жесткость электроболида приведена в таблице 25.

Таблица 25 – Мероприятия по снижению профессиональных рисков

ОиВПФ	Организационно-технические методы и технические средства (способы, технические устройства) защиты, частичного снижения или полного устранения ОиВПФ	Средства индивидуальной защиты
Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования	1 инструктаж по охране труда 2 содержание технических устройств в надлежащем состоянии	1 Спецодежда для выполнения установленных работ
Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях автомобиля	1 Санитарно-гигиенические мероприятия 2 Эксплуатация оборудования строго в соответствии инструкции 3 Использование СИЗ	1 Спецодежда для выполнения установленных работ
Отсутствие или недостаток естественного света	1 Установка дополнительного освещения	
Монотонность труда, вызывающая монотонию	1 объединение малых операций в более сложные и длительные операции 2 организация режима труда и отдыха	

Продолжение таблицы 25

ОиВПФ	Организационно-технические методы и технические средства (способы, технические устройства) защиты, частичного снижения или полного устранения ОиВПФ	Средства индивидуальной защиты
Монотонность труда, вызывающая монотонию	3 тщательный подбор сотрудников на основе их психофизиологических особенностей 4 использование мер стимулирования работников	

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Рассмотрим обеспечение пожарной безопасности при заготовке деталей для стенда, при его сборке и эксплуатации.

Перед работой с оборудованием стоит убедиться в отсутствии легковоспламеняющихся объектов и жидкостей. Удостовериться в наличии средств пожаротушения, исправности автоматических систем пожаротушения, так же при работе необходимо использовать средства индивидуальной защиты открытых участков кожи и органов дыхания.

В процессе изготовления заготовок для стенда возможно воспламенение от работы инструментов, которые образуют искры. В процессе сборки стенда возможно воспламенение при работе на сварочном аппарате.

Приведу перечень мероприятий по пожарной безопасности при работе и обслуживании стенда на крутильную и изгибную жесткость для электроболида “Formula Student в таблице 26.

Таблица 26 - перечень мероприятий по пожарной безопасности при работе и обслуживании стенда на крутильную и изгибную жесткость для электроболида “Formula Student”

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
«Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности	Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия» [8].
«Обучение правилам и мерам пожарной безопасности в соответствии с Приказом МЧС России 645 от 12.12.2007	Проведение обучения, а также различных видов инструктажей по тематике пожарной безопасности под роспись» [7].
«Проведение технического обслуживания, планово-предупредительных ремонтов, модернизации и реконструкции оборудования	Выполнение профилактики оборудования в соответствии с утвержденным графиком работ. Назначение приказом руководителя лица, ответственного за выполнение данных работ» [8].
«Наличие знаков пожарной безопасности и знаков безопасности по охране труда по ГОСТ	Знаки пожарной безопасности и знаки безопасности по охране труда, установленные в соответствии с нормативно-правовыми актами РФ» [8].
Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности
«Рациональное расположение производственного оборудования без создания препятствий для эвакуации и использованию средств пожаротушения	Эвакуационные пути в пределах помещения должны обеспечивать безопасную, своевременную и беспрепятственную эвакуацию людей
Обеспечение исправности, проведение своевременного обслуживания и ремонта источников наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения	Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия» [7].
«Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2 ГОСТ Р 12.2.143–2009, ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ	Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных для обозрения местах
Размещение информационного стенда по пожарной безопасности	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [8].

5.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технологического объекта

Вредные экологические факторы при создании и эксплуатации стенда на крутильную и изгибную жесткость электроболида приведены в таблице 27.

Таблица 27 – Идентификация вредных экологических факторов

Технологический процесс	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
Создание и эксплуатация стенда на крутильную и изгибную жесткость электроболида “Formula Student”	Мелкодисперсная пыль в воздушной среде, испарения смазочных жидкостей с поверхности деталей	Не обнаружено	«Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы (коммунальный мусор), металлический лом, стружка» [8].

Выполним разработку мероприятий, направленных на снижение вредного антропогенного воздействия при создании и эксплуатации стенда на крутильную и изгибную жесткость электроболида “Formula Student”:

- «применение фильтрующих устройств, обслуживание и своевременная замена;
- контроль за процессами утилизации и захоронения выбросов, стоков и осадков сточных вод. Персональная ответственность за охрану окружающей среды;
- использовать вторично спецодежду, пришедшую в негодность, металлом, остатки производства, металлическую стружку отправлять на переплавку и переработку» [6].

Вывод по разделу

1. Разработан технологический паспорт технологического процесса эксплуатации стенда для исследования на крутильную и изгибную жёсткость автомобиля “Formula Student”, в котором описывается конструктивно-технологические и организационно-технические характеристики создания и эксплуатации стенда на крутильную и изгибную жесткость электроболида;
2. идентифицированы профессиональные риски, в котором расписываются возможные риски, при работе на стенде;
3. перечислены методы по снижению профессиональных рисков, которые помогают полностью или частично устранить ОВПФ;
4. перечислен перечень мероприятий по пожарной безопасности при работе и обслуживании стенда на крутильную и изгибную жесткость для электроболида “Formula Student”, уменьшающие или полностью искореняя вероятность возгорания какого-либо объекта или жидкости.
5. идентифицированы вредные экологические факторы производства.

Заключение

Испытание на стендах является одним из самых распространенных для кузова автомобиля, его механизмов, навесных узлов и систем. Стендовые испытания делятся на два вида:

- со статическим нагружением на изгиб, кручение и оценивают прочность и жесткость кузова.
- с динамическим нагружением предназначенный для определения долговечности кузова.

В дипломной работе была произведена работа по анализу стендовых испытаний кузова автомобиля, проведен тягово-динамический расчет объекта испытаний, так же был спроектирован стенд на крутильную и изгибную жесткость для автомобилей “Formula Student”.

Проект был рассчитан с точки зрения экономической эффективности, безопасности и экологичности объекта. Проектирование и создание собственного стенда будет экономичнее и эффективнее, чем использование уже существующих вариаций других компаний, также можно убедиться в его преимуществе, относительно результатов программного обеспечения в том, что стендовые испытания проводятся с реальным изделием, а не с проектом в идеальных условиях.

Данный проект должен помочь при испытаниях болидов, при определении жесткости рамы. В дальнейшей эксплуатации стенда возможна замена на более прочные материалы, для продолжения работы или добавления новых видов испытаний.

По итогу дипломного проекта мы получаем полностью готовый концепт стенда для испытаний на крутильную и изгибную жесткость болида, который проектировался для испытаний электроболида, но может так же адаптироваться под любой другой болид.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Автомобильный транспорт и защита окружающей среды [Текст] / Ю. Якубовский. – М.: Транспорт, 1979– 198 с.
2. Волкова, Е.И., Шерстобитова О.О. «Разработка пространственной рамы для гоночного болида Black Bullet» / VII выпуск журнала "Точная наука" / Е.И. Волкова, О.О. Шерстобитова: -2017.-18-20 с.
3. Испытания автомобиля: учеб. пособие / Н. С. Соломатин, Л. А. Черепанов, А. А. Заплатин [и др.] ; ТГУ ; каф. "Автомобили и тракторы". - ТГУ. - Тольятти: ТГУ, 2008. - 159 с.
4. Испытания узлов, агрегатов и систем автомобиля: учеб. пособие / Н.С. Соломатин. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2013. – 143 с.
5. Капрова, В.Г. Методические указания по технико-экономическому обоснованию дипломного проекта конструкторского и исследовательского направлений / В.Г. Капрова. – Тольятти: ТГУ, 2017. – 50 с.
6. Клепиков, В.В. Основы технологии машиностроения: учебник / В. В. Клепиков [и др.]. – М. : ИНФРА-М, 2017. - 295 с.
7. Оценка и оптимизация крутильной жесткости рамы болида «формула студент» ПНИПУ: статья / А.П. Брюхов, Д.В. Головин, Н.С. Козырин. - Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия, 2015. – 15 с.
8. Правила Formula Student 2022: https://www.formulastudent.de/FS-Rules_2022_v0.9.pdf.
9. Проектирование автомобиля: учеб. пособие / Е.У. 92 Исаев. – Тольятти: ТГУ, 2013. – 260 с.: пер.
10. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля: учеб. пособие / Л. А. Черепанов; ТолПИ. - ТГУ. - Тольятти: ТолПИ, 2001. - 40 с.: ил. - Библиогр.: с. 39.
11. Раздел бакалаврской работы «Безопасность и экологичность

технического объекта». / Горина Л.Н., Фесина М.И. - Уч.-методическое пособие (2-е изд. Доп.). - Тольятти: изд-во ТГУ, 2021. –22 с.

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

13. Черепанов, Л.А. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля: учеб. пособие [CD] / Л.А. Черепанов. – Тольятти: ТГУ, 2016 – 39 с.

14. Шерстобитова, О.О., Мошко, Д.А. «Разработка модульной каркасно-сборочной технологической оснастки для производства элементов спортивно-гоночных автомобилей» / Ежегодный сборник трудов "Студенческие инженерные проекты" / О.О. Шерстобитова, Д.А. Мошко. - 2017. – 205-207 с.

15. Эксплуатация автомобилей: учебник для вузов / Р. Н. Сафиуллин, А. Г. Башкардин. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва: Юрайт, 2019. - 202, [2] с. - (Университеты России). - Библиогр.: с. 202-203.

16. An Introduction to Stress Analysis Applications with SolidWorks Simulation, Student Guide, available at: http://www.solidworks.com/sw/docs/Simulation_Student_WB_2011_ENG.pdf

17. Build Your Own Race Car [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.buildyourownracecar.com/race-car-chassis-basics-and-design/>

18. Development of a Power-train for a Formula SAE Competition Vehicle [Электронный ресурс]:URL <http://papers.sae.org/2010-32-0085/>

19. How cars should be designed: The importance of form in new Technologies: / Karol Janiak. - from Springer, 2019, pp 275-284

20. Space frame chassis design [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://ru.pinterest.com/milestoneau/space-frame-chassis-design/?lp=true>

Приложение А

Спецификация

Форм.	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				<u>Документация</u>		
A1			22.ДП.152.01.000 СБ	Сборочный чертеж	1	
A1			22.ДП.152.03.000 СБ	Сборочный чертеж	1	
A1			22.ДП.152.04.000 СБ	Сборочный чертеж	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		1	22.ДП.152.01.000.001	Швеллер 5П		
				ГОСТ 8240-97	2	
		2	22.ДП.152.01.000.002	Стальная труба $\varnothing 50$ мм		
				ГОСТ 8734-75	2	
		3	22.ДП.152.01.000.003	Болт М10х35		
				ГОСТ 15589-70	8	
		4	22.ДП.152.01.000.004	Шайба М10		
				ГОСТ 11371-78	8	
		5	22.ДП.152.01.000.005	Гайка М10		
				ГОСТ 5915-70	8	
		6	22.ДП.152.01.000.006	Винт М4х25		
				ГОСТ 11738-84	2	
		7	22.ДП.152.01.000.007	Гайка М4		
				ГОСТ 5915-70	2	
		8	22.ДП.152.01.000.008	Стальная трубка $\varnothing 8$ мм		
				ГОСТ 8734-75	2	
				22.ДП.152.14.000		
				Передняя стойка в сборе		
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата	Лист	Листов
Разраб.		Тепляков И.А.				
Пров.		Черепанов Л.А.				
Н.контр.		Черепанов Л.А.				
Итв.		Бедяевский А.В.				

Рисунок А1 – спецификация передней стойки стенда

Продолжение Приложения А

Форм.	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
				<u>Документация</u>		
A1			22.ДП.152.02.000 СБ	Сборочный чертёж	1	
A1			22.ДП.152.03.000 СБ	Сборочный чертёж	1	
A1			22.ДП.152.04.000 СБ	Сборочный чертёж	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
	1		22.ДП.152.02.000.001	Труба стальная квадратная 50мм		
				ГОСТ 8639-82	1	
	2		22.ДП.152.02.000.002	Швеллер 5П		
				ГОСТ 8240-97	2	
	3		22.ДП.152.02.000.003	Стальная труба \varnothing 50мм		
				ГОСТ 8734-75	1	
	4		22.ДП.152.02.000.004	Болт М10х35		
				ГОСТ 15589-70	4	
	5		22.ДП.152.02.000.005	Шайба М10		
				ГОСТ 11371-78	4	
	6		22.ДП.152.02.000.006	Гайка М10		
				ГОСТ 5915-70	4	
	7		22.ДП.152.02.000.007	Болт М8х130		
				ГОСТ 4017-2013	2	
	8		22.ДП.152.02.000.008	Гайка М8		
				ГОСТ 5915-70	2	
	9		22.ДП.152.02.000.009	Подшипник 180512		
				Гост 8882-75	1	
			22.ДП.152.15.000			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Ганляков И.А.			Лит.	Лист
Пров.		Черепанов Л.А.				1
М.контр.		Черепанов Л.А.			Листов	2
Этв.		Бездобровский А.В.				
Задняя стойка стенда					Активация Windows ТГУ, АТС-1701а Чтобы активировать	

Рисунок А3 – спецификация задней стойки стенда

