

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

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного
производства»
(наименование)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Проектирование технологических процессов
(направленность (профиль)/ специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Сборочная технология для болида «Формула Студент»

Студент

Д.Э. Шитов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент Д.А. Расторгуев

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

Консультанты

канд. экон. наук, Н.В. Зубкова

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

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

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

Тольятти 2021

Аннотация

На выпускную квалификационную бакалаврскую работу «Сборочная технология для болида Формула Студент».

Дипломная работа посвящена трансмиссии болида на электрической тяге.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, пяти разделов, заключения, списка используемой литературы и приложения, в котором содержится конструкторская документация.

Во введении объясняется цель проекта Формула Студент.

В первом разделе «Анализ исходных данных» происходит назначение первоначальных параметров, объясняется устройство работы трансмиссии и анализ технологичности конструкции.

Во втором разделе «Конструкторская часть» производятся расчет возникающих напряжений на приводном валу и максимальное угловое отклонение.

В третьем разделе «Технологическая часть» производится расчет размерных цепей для определения замыкающего звена и расчет усилия затяжки болтов.

В четвертом разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» указаны меры безопасности при сборочных операциях и меры снижения негативных воздействий на окружающую среду при сварке.

В пятом разделе «Экономическая эффективность работы» происходит расчет стоимости ШРУСа и выявляется экономическая эффективность от применения данной конструкции.

В заключении приведены выводы и результаты данной работы.

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки в размере 49 страницы, содержащей 16 таблиц, 23 рисунка и графической части содержащей 6 листов формата А1.

Abstract

This graduation work is devoted to the topic «Assembly technology for a Formula Student car»

This senior thesis is devoted to the transmission of the car on electric traction.

The graduation work consists of an introduction, five sections, a conclusion, a list of used literature and an appendix containing design documentation.

The introduction explains the purpose of the Formula Student project.

In the first section "Analysis of the initial data" the initial parameters are assigned, the structure of the transmission is explained and the analysis of the manufacturability of the structure.

In the second section "Design part", the calculation of the arising stresses on the drive shaft and the maximum angular deviation are made.

In the third section "Technological part", the calculation of dimensional chains is performed to determine the master link and the calculation of the tightening force of the bolts.

The fourth section "Safety and environmental friendliness of a technical object" specifies safety measures during assembly operations and measures to reduce negative environmental impacts during welding.

In the fifth section "Economic efficiency of work", the cost of the constant velocity joint is calculated and the economic efficiency from the use of this design is revealed.

In the conclusion, the conclusions and results of this work are presented.

The graduation project consists of an explanatory note on 49 pages, introduction, including 23 figures, 16 tables, the list of 25 references including 5 foreign sources and - appendices, and the graphic part on 6 A1 sheets.

Содержание

Введение	5
1 Анализ исходных данных	6
1.1 Назначение и характеристика болида	6
1.2 Анализ конструкции трансмиссии	10
1.3 Позиционирование деталей тяговой системы	15
1.4 Анализ технологичности конструкции трансмиссии	17
2 Конструкторская часть	18
2.1 Определение возникающих напряжений на приводном валу	18
2.2 Проверка расчета в программе инженерного анализа	21
3 Технологическая часть работы	23
3.1 Выявление размерных связей	23
3.2 Расчет затяжки резьбовых соединений	25
4 Безопасность и экологичность технического объекта	28
4.1 Технологический паспорт технического объекта.....	28
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	28
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	29
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	30
4.5 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта».....	34
5 Экономическая эффективность работы	35
5.1 Общие положения	35
5.2 Выбор способа производства.....	35
5.3 Расчет стоимости операций по производству ШРУСа	36
Заключение	41
Список используемых источников.....	42
Приложение А Спецификации к сборочным чертежам.....	45
Приложение Б Перечень работ	48

Введение

Formula Student - это проект для студентов технических специальностей по разработке, сборке, тестированию и гонкам на одноместном гоночном автомобиле в стиле Формулы 1. Основная цель состояла в том, чтобы объединить студентов-автомобилестроителей в автомобильную компанию. Все начиналось с транспортных средств, которые выглядели как картинг. Конкуренция с годами улучшилась до профессиональных одноместных гоночных автомобилей с открытыми колесами. Много новых и инновационных вещей заставляли машины ехать быстрее, но при этом конструкция становилась намного сложнее. Команды со всего мира собираются на крупных международных соревнованиях, чтобы соревноваться на своей машине с другими. Команды оцениваются не только по результатам гонки, но и по их техническому дизайну, стоимости и бизнес-презентациям. Студенты получают большую свободу в дизайне своих автомобилей. Разрабатываемый автомобиль должен соответствовать регламенту сообщества автомобильных инженеров (SAE). Также формула SAE имеет более известное название как «Формула Студент».

Автомобиль Formula Student должен иметь полностью работоспособную систему подвески. Для трансмиссии нет серьезных ограничений. Проект значительно расширяет знания и опыт будущего инженера.

Это наш первый год участия в конкурсе среди болидов на электрической тяге.

Целью данной работы является рассмотрение сборочного процесса трансмиссии болида.

1 Анализ исходных данных

1.1 Назначение и характеристика болида

Гоночный автомобиль класса Формула Студент (рисунок 1) предназначен для участия в международных соревнованиях. В ходе прохождения технической инспекции, судьями проверяется работоспособность и надёжность всех узлов. После успешной проверки болид допускается до участия в гоночных дисциплинах.



Рисунок 1 - 3D модель концепта электрического болида

Характеристики болида: Литий-ионная батарея INR21700-40T с номинальной емкостью 4000мА·ч на одну ячейку. Количество ячеек 396 шт. Два электродвигателя RV160-Em с продолжительной мощностью 15 кВт и крутящим моментом 60 Н/м у каждого. Дифференциал электрический, контроль управления приходится на микропроцессор.

Тип автомобиля – заднеприводный легковой автомобиль формульного класса.

Колесная формула – 4x2.

Количество человек – $n = 1$ (чел.).

Длина = 2700 мм.

Ширина = 1450 мм.

Высота = 1180 мм.

Расчетная масса – $m_0 = 280$ кг.

Размерность шин: 175/65 R 13

Максимальная скорость – $V_{\max} = 120$ км/ч

Максимальная частота вращения вала электродвигателя – $\omega_{e_{\max}} = 3200$ об/мин

КПД трансмиссии – $\eta = 0,85$

Объём выпуска = 1 шт./год.

1.2 Анализ конструкции трансмиссии

Конструкция предназначена для передачи крутящего момента с электромотора на колесо. При эксплуатации конструкция испытывает переменные нагрузки за короткий промежуток времени связанные с ускорением и торможением болида, что связано с особенностями гоночной трассы на соревнованиях [3].

Трансмиссия представляет собой цепную передачу с передаточным отношением 3,0 (45/15), которая передает крутящий момент с электродвигателя на задние колеса (рисунок 2). Используемая цепь ПР-12,7-18,2-1 ГОСТ 13568-97.

При вращении электродвигателя ведущая звездочка, закрепленная на валу мотора при помощи шпонки и стопорного винта, входит в зацепление с цепью, которая в свою очередь приводит в движение ведомую звезду, закрепленную на наружной обойме внутреннего шарнира равных угловых скоростей (ШРУС) с компенсатором длины через переходной фланец. Крутящий момент с наружной обоймы внутреннего ШРУСа передается на внутреннюю обойму внутреннего ШРУСа через сепаратор с шариками. Конечной деталью трансмиссии является приводной вал, который входит в

зацепление с внутренней обоймой внутреннего ШРУСа через шлицевое соединение.

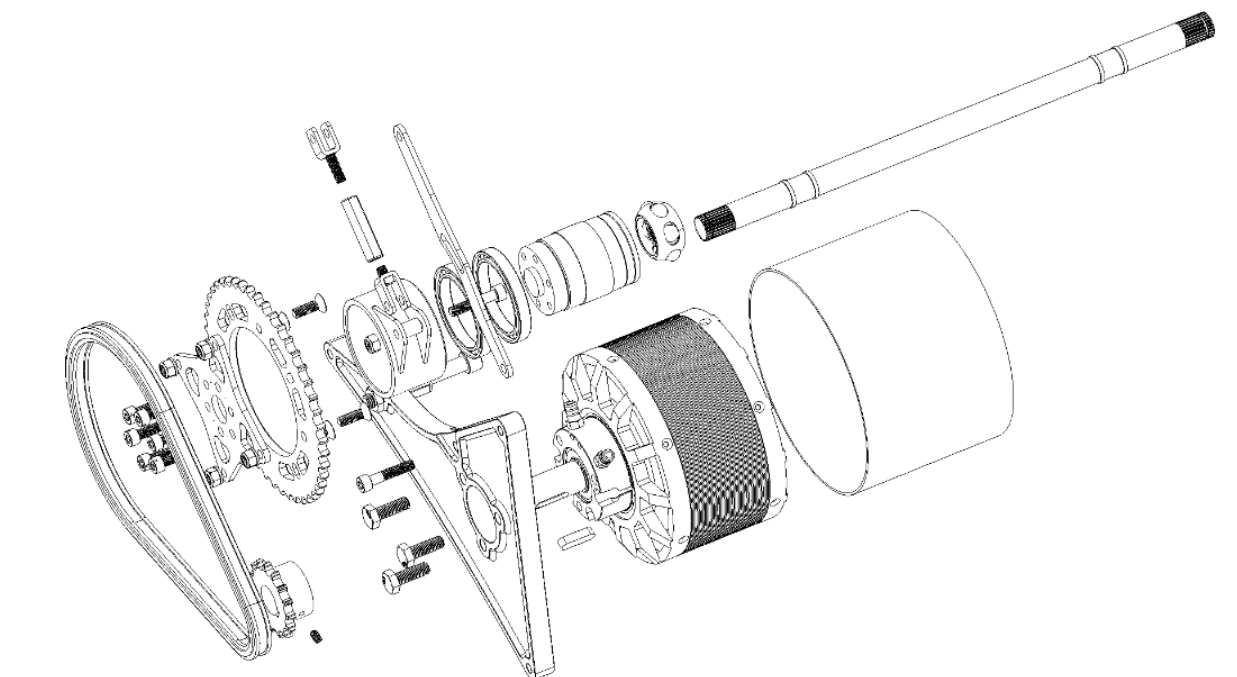


Рисунок 2 - Разнесенная модель трансмиссии

Для сборки цепной передачи предусмотрена конструкция для натяжения цепи за счет изменения межосевого расстояния [12]. После установки цепи ведомая звезда отодвигается от ведущей звездочки при помощи ходовой гайки (рисунок 3). Одна тяговая серьга исполнена с левой резьбой на хвостовике, другая с правой резьбой соответственно и при откручивании ходовой гайки при помощи гаечного ключа происходит перемещение ведомой звезды по радиусу R . За счет этого увеличивается межосевое расстояние ΔA , что приводит к натяжению цепи. Данная конструкция исполнена в двойном экземпляре, на каждое приводное колесо приходится по одному двигателю и трансмиссии. Такая система управляется при помощи контроллера, т.е. мы имеем электронный дифференциал.

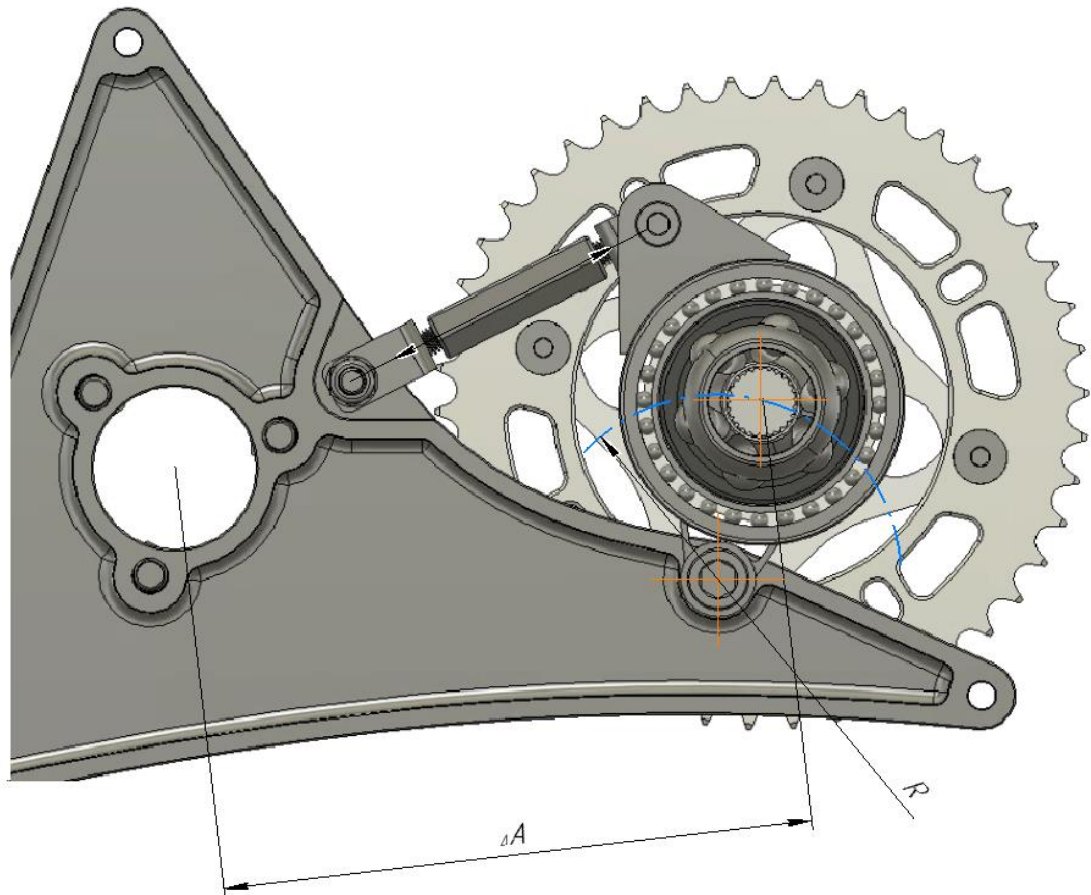


Рисунок 3 – схема работы натяжителя цепи

Сборка трансмиссии включает в себя подвижные и неподвижные соединения, разборные и фиксированные. Так как болид класса Формула Студент по типу производства относится к единичному производству, то сборка производится вручную при помощи универсального инструмента и универсального оборудования [15]. Исходя из этого сборки большое количество времени уделяется пригонке деталей. При сборке трансмиссии главными задачами является обеспечение минимального биения ведущей и ведомой звездочек, а также минимальный перекос цепной передачи [6].

Конструкция трансмиссии включает в себя [1]:

- 1) покупные изделия, представлены на рисунке 4, 5, 6



Рисунок 4 – Ведомая звезда задняя алюминиевая AFAM 72102-46

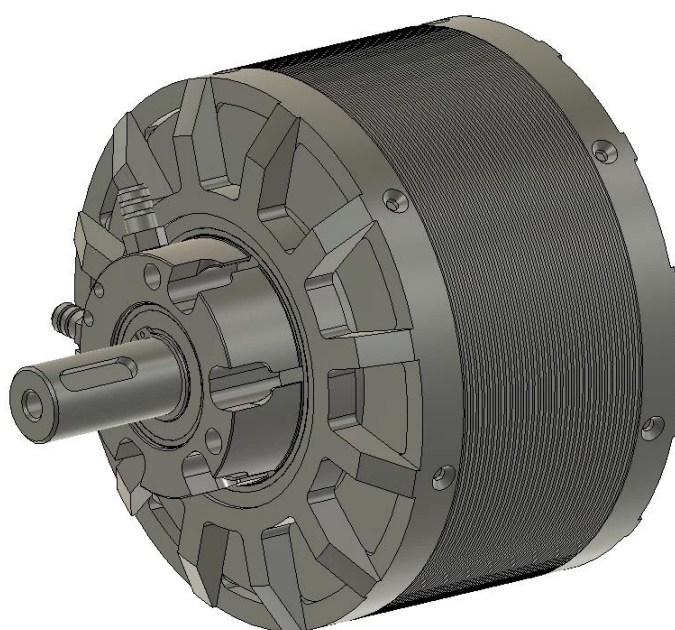


Рисунок 5 – Электромотор RV-160Em



Рисунок 6 – Звездочка со ступицей для цепи 08В-1

2) покупные изделия с последующей доработкой представлены на рисунке 7

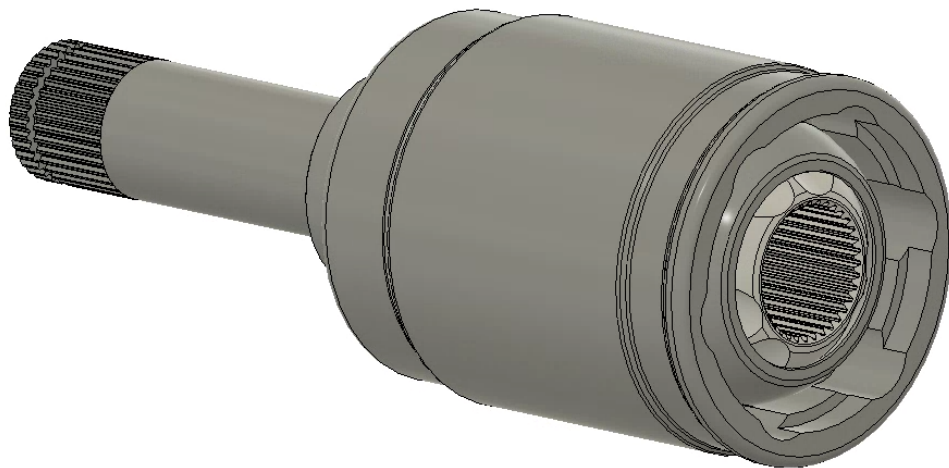


Рисунок 7 –ШРУС внутренний с компенсатором длины



Рисунок 8 – Процесс обработки ШРУСа на токарном станке с ЧПУ

3) изделия, изготовленные на предприятии-изготовителе представлены на рисунке 9,11,12

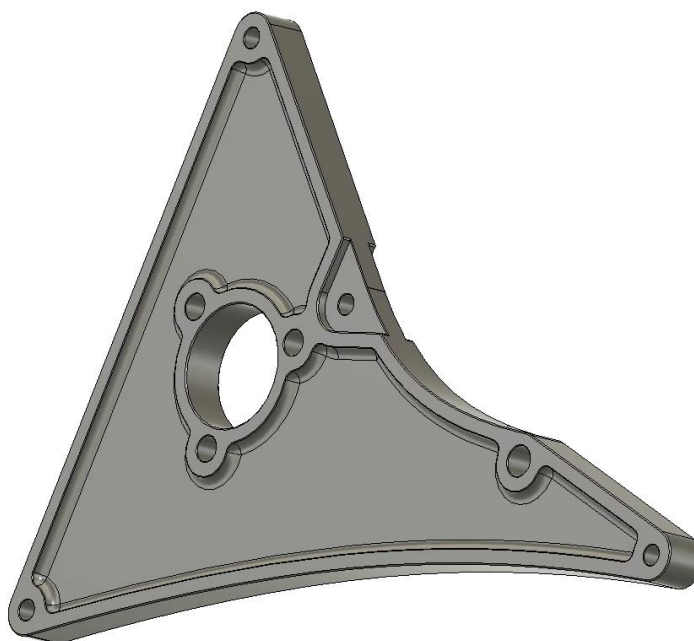


Рисунок 9 – Плита

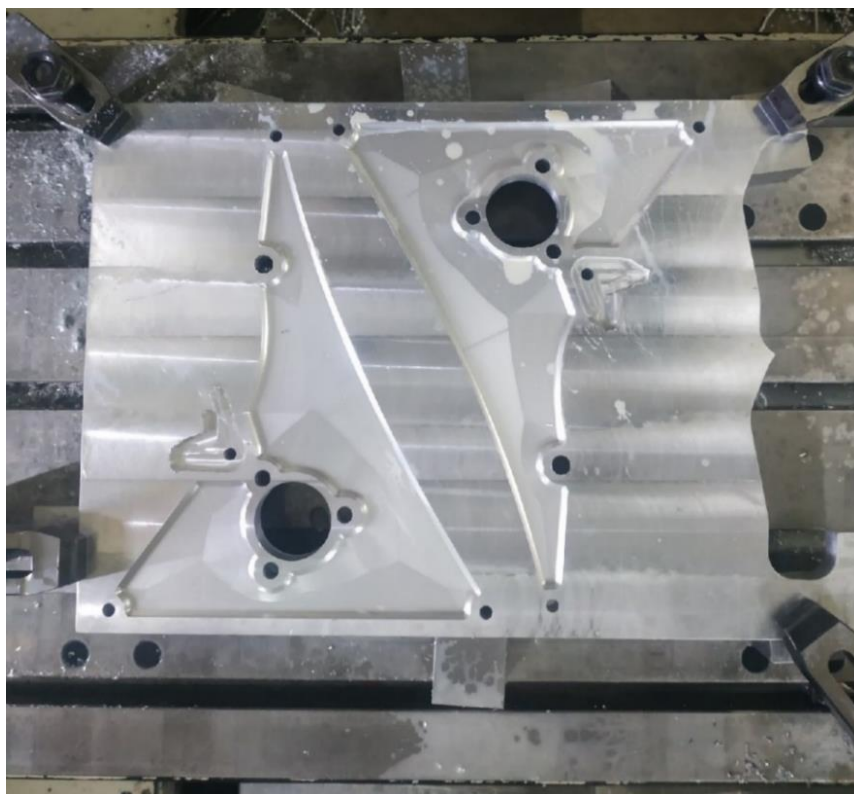


Рисунок 10 – Процесс изготовления плиты на трехкоординатном фрезерном станке с ЧПУ



Рисунок 11 – Корпус ШРУСа

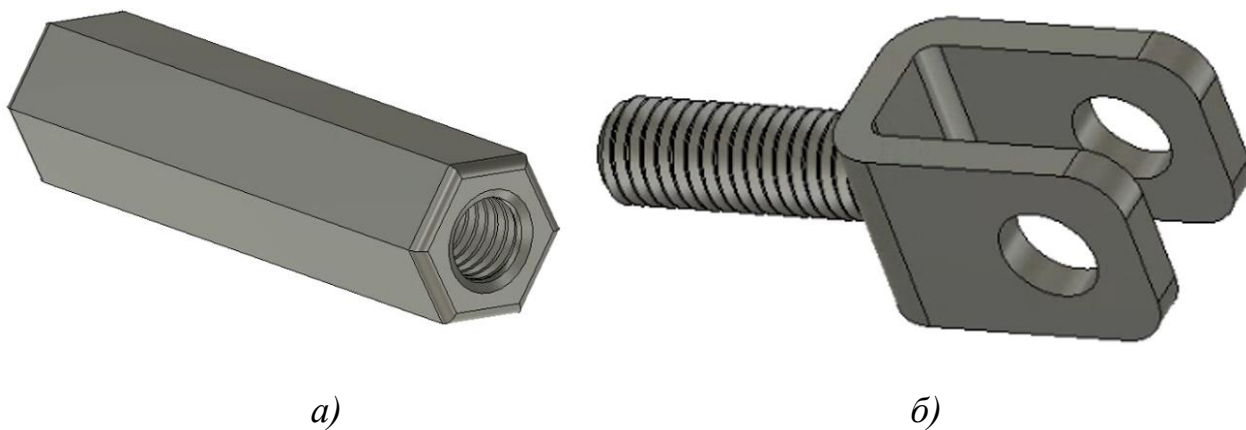


Рисунок 12 – ходовая гайка (а) и тяговая серьга (б)

4) изделия полученные в порядке кооперирования представлены на рисунке 13, 14



Рисунок 14 – Пластина-натяжитель (а) и защитный экран мотора

(б)

1.3 Позиционирование деталей трансмиссии

Данный узел болида должен соответствовать правилам регламента «Формула студент» [16]. Правила регламента накладывают технические ограничения на конструкцию, что усложняет работу конструктора, но эти ограничения введены с целью повышения безопасности пилота и окружающих его людей. Также соблюдение всех правил регламента не дает гарантию на допуск к гоночным заездам, так как в дополнении к регламенту, конструкция проверяется визуально опытными гоночными инженерами, которые дают заключение о надёжности и безопасности гоночного автомобиля.

Детали трансмиссии, включая силовые кабели, идущие от электромотора, должны быть размещены внутри конструкции, которая состоит из сварных труб или внутри монокока. Такая система служит для защиты от повреждений во время аварии или переворота автомобиля.

Для защиты компонентов от боковых ударов и ударов сзади используется боковая ударная структура, которая состоит из дополнительного стального каркаса с соблюдением правила триангуляции конструкции. Также существует требование к минимальному моменту инерции труб, которое равняется 8509 мм^4 .

Допускается использование системы мотор-колесо. В такой системе требуется достаточно компактный электромотор и планетарная передача. Так как в этом случае тяговая система не находится внутри каркаса, то должны быть введены дополнительные меры безопасности. Как если колесо повреждено или слетело, должна активироваться система аварийного выключения.

Тяговой система не может находиться ниже самой нижней точки рамы или монокока в боковой или вертикальной проекции.

Для цепи требуются наличие защитного экрана, и он должен:

– быть изготовленным из 2 мм стали или 3 мм алюминиевого сплава 6061-T6

- закрывать цепь от ведущей звездочки до ведомой звездочки;
- начаться и заканчиваться параллельно самой нижней точке звездочки (рисунок 15).

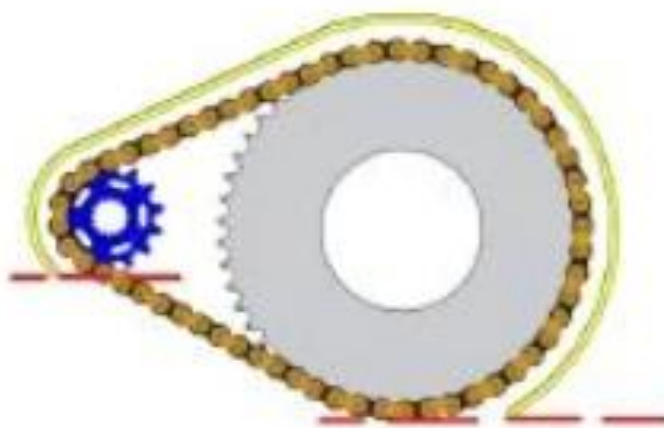


Рисунок 15 – Схема расположения защиты цепи

1.4 Анализ технологичности конструкции трансмиссии

Конструкция изделия имеет ряд требований к технологичности. Эти требования являются общими для разных типов производства в отрасли машиностроения [2]:

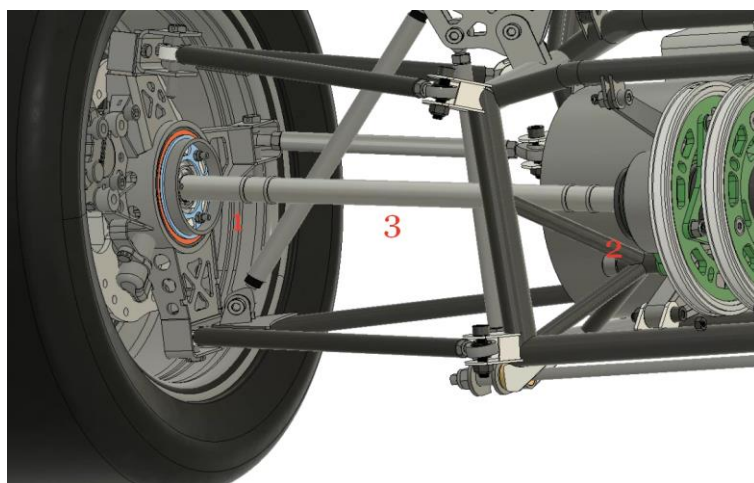
- 1) возможность узловой сборки, т.е. наличие в конструкции
- 2) сборочных единиц, допускающих независимую сборку;
возможность одновременного и независимого присоединения узлов к базовому элементу изделия (плита);
- 3) возможность использования механизированного инструмента при сборочных работах; ремонтпригодность;
- 4) обеспечение требуемой точности позиционирования деталей;
- 5) высокая степень унификации деталей и сборочных единиц;
- 6) применение простых сборочных приспособлений;
- 7) использование методов обеспечения точности.

2 Конструкторская часть

2.1 Определение возникающих напряжений в конструкции трансмиссии

Правильная схема нагрузки изделий является наиболее важной задачей для проектирования деталей системы трансмиссии. Анализ определяет, соответствуют ли детали определенному запасу прочности или нет, поэтому при разработке новой детали, независимо от большинства разработок, которые использовались в предыдущие годы, было уделено особое внимание расчетам. Проведя расчет возникающих нагрузок на стадии проектирования можно изменить конструкция для достижения требуемой прочности изделия [23].

Полуоси и корпуса внутреннего и наружного ШРУСов работают вместе для передачи крутящего момента от двигателя к колесам. Корпус внутреннего ШРУСа монтируется через жесткое соединение с плитой. Корпус наружного ШРУСА монтируется через жесткое соединение с корпусом колеса, в частности, на ступице. Как видно на левой стороне автомобиля на (рисунок 16) ниже, корпус внутреннего ШРУСа находится справа, корпус внешнего ШРУСа слева, а приводной вал посередине.



1 - корпус внешнего ШРУСа; 2 - корпус внутреннего ШРУСа; 3 – приводной вал

Рисунок 16 - Концептуальный проект болида,

Важно отметить, что геометрия в САПР, которая определяет размеры приводного вала, не соответствует действительности. Существует несколько ситуаций, в которых изменяется геометрия подвески, которая, в свою очередь, изменяет требуемую длину вала [24].

Программное обеспечение САПР может использоваться только для оценки общей длины вала. Окончательный размер будет определен после того, как шасси, трансмиссия и подвеска будут окончательно собраны. Только тогда длина может быть определена эмпирически, чтобы не создавать помех другим компонентам транспортного средства. К счастью, остальные размеры — приводного вала это вопрос простой механики, которая описывает поведение цилиндра в условиях крутящего момента, что является тщательно изученной темой машиностроения. Ниже приведен список уравнений, описывающих поведение валов в условиях нагружения. Очевидной проблемой при приложении нагрузки на кручение к цилиндру является результирующее напряжение сдвига при кручении.

Максимальное напряжение сдвига является функцией внутреннего диаметра и наружного диаметра и всегда будет возникать при максимальном радиусе, как показано на рис. 17.

Одна важная вещь, которую следует иметь в виду в дополнение к максимальному напряжению, это жесткость на кручение вала. В идеале вал будет иметь максимально возможную жесткость, чтобы обеспечить равномерную подачу крутящего момента на колеса и снизить большие импульсные нагрузки на другие компоненты автомобиля. К сожалению, для достижения этой цели требуется добавление массы. Чтобы избежать излишне тяжелых компонентов, необходимо соблюдать баланс между минимальной массой и максимальной прочностью и жесткостью [21].

Уравнения касательных напряжений сечения вала

Максимальное напряжение сдвига в валу:

$$\tau = Tr \div J, \quad (1)$$

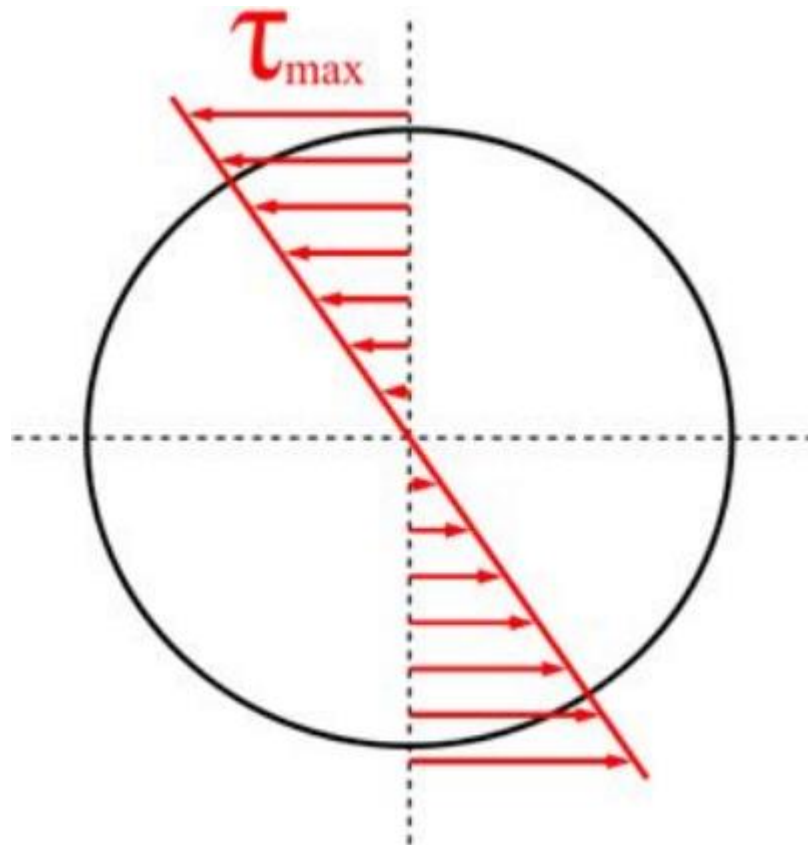


Рисунок 17 - Диаграмма напряжений сдвига, взятая из Quora.com

[25].

где τ - напряжение сдвига;

T - Приложенный крутящий момент;

r - максимальный радиус;

J - полярный момент инерции.

$$\tau = 180 \cdot 10,5 \cdot 10^{-3} / 1,9 \cdot 10^{-8} = 99 \text{ МПа.}$$

$$J = (\pi (D^4 - d^4)) / 32, \quad (2)$$

где D – наружный диаметр вала;

d – внутренний диаметр вала.

$$J = (3,14(21^4 - 0^4)) / 32 = 19083 \text{ мм}^4 = 1,9 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4.$$

Максимальное угловое отклонение:

$$\alpha = TL \div (JG), \quad (3)$$

где L - длина вала;

G - модуль сдвига (для стали G= 82 ГПа);

$$\alpha = 180 \cdot 0,464 / (1,9 \cdot 10^{-8} \cdot 82 \cdot 10^9) = 0,05 \text{ рад.}$$

2.2 Проверка расчета в программе инженерного анализа

Для проверки расчетов используем CAE систему инженерного анализа Fusion 360. Входными параметрами являются: 3D модель вала, материал, значение крутящего момента. В качестве материала используется Сталь 40X, которая зарекомендовала себя в классе деталей повышенной прочности (оси, валы, вал-шестерни, плунжеры, штоки, коленчатые и кулачковые валы, кольца, шпиндели, оправки, рейки, губчатые венцы, болты, полуоси, втулки) [18], также после обработки вал подвергается термообработке и оцинковке и имеет характеристики, показанные в таблице 1.

Таблица 1 - Механические свойства стали 40X

Параметры	Значение
1	2
ГОСТ	4543-71
Состояние поставки, режим термообработки	Пруток. Закалка 860 °С, масло. Отпуск 500 °С, вода или масло
Сечение, мм	25
$\sigma_{0,2}$ (МПа)	780
σ_B (МПа)	980
δ_5 (%)	10
ψ %	45
КСУ (кДж / м2)	59

Так как в библиотеке материалов Fusion 360 отсутствует Сталь 40X воспользуемся её аналогом steel 5140.

Значение крутящего момента, как и при расчетах по формулам назначаем 180 Н/м исходя из крутящего момента на электродвигателе и передаточном отношении цепной передачи.

Проведя расчет в САЕ-системе (рисунок 18) видно, что результат совпадает с расчетным. Небольшая разница в результатах вызвана значением точности сетки модели.

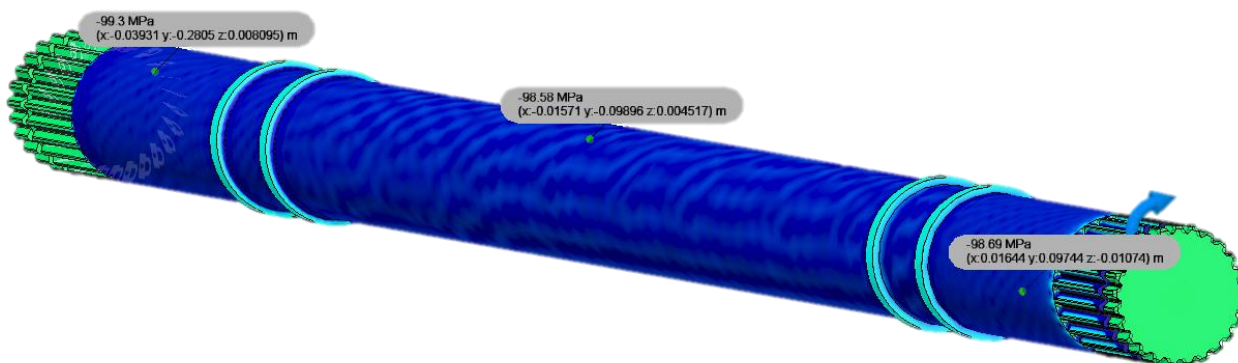


Рисунок 18- Результат анализа напряжения сдвига на валу [22]

Сравнив расчетную нагрузку и предел текучести материала можно найти коэффициент запаса детали:

$$n = \frac{\delta_{\text{пред.}}}{\delta_{0,2}} \quad (4)$$

где $\delta_{\text{пред.}}$ – предельное возникающее напряжение.

Подставив данные из таблицы и возникающее напряжение, получаем коэффициент запаса равный 7,87. В заключении можно сказать что коэффициент запаса обеспечивает дополнительную надёжность конструкции, которая компенсирует возможные ошибки проектирования.

3 Технологическая часть

3.1 Выявление размерных связей

Исходя из служебного назначения цепной передачи определяют размерные связи. Основной конструкторской размерной связью является расположение венцов звёздочек в одной плоскости. В соответствии с ГОСТ 13568-97 для нормальной работоспособности цепной передачи необходимо, чтобы смещение венцов звездочек не превышало 2 мм и допуск параллельности осей валов не должен быть более 0,2 мм на каждые 100 мм длины валов [10].

Для достижения нормальной работоспособности цепной передачи была разработана оснастка для сборки и сварки корпуса ШРУСа (рисунок 19). Данная оснастка была изготовлена на станке лазерной резки (основания) и на токарном станке (проставочные втулки).



Рисунок 19 – оснастка для сборки и сварки корпуса ШРУСа [17]

Для достижения точности замыкающего звена, выбран метод пригонки,

при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается изменением значения компенсирующего звена, путем удаления с компенсатора определенного слоя материала (рисунок 20).

Для получения требуемого зазора методом пригонки выберем в качестве компенсирующего звена размер A_2 проставочной шайбы, изменение которой проще всего осуществить.

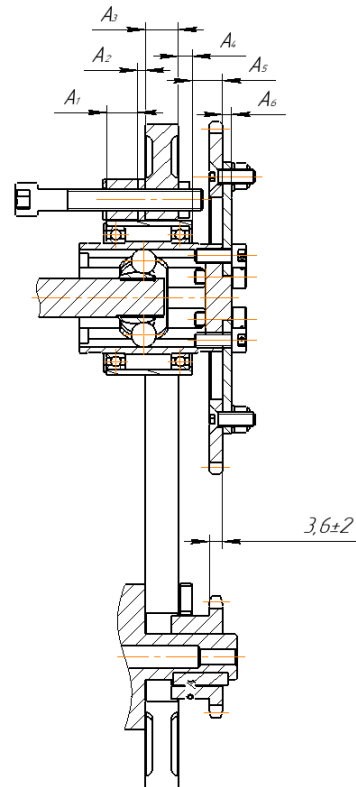


Рисунок 20 – Размерная цепь [8]

Установим на составляющие звенья экономически целесообразные значения полей допусков и координаты их середин (таблица 2)

Таблица 2 – Параметры звеньев

Звено	$T^* A_i$	$\Delta^* o A_i$
A1	0,25	0
A2	0,1	0
A3	0,05	0
A4	0,3	0
A5	0,3	0
A6	0,1	0

Тогда производственный допуск замыкающего звена расширится до значения:

$$T_{Ai} = \sum_{i=1}^{m=1} \xi_{Ai} |T_{Ai} = T_{A\Delta} , \quad (5)$$

$$T_{A\Delta} = 0,25 + 0,1 + 0,05 + 0,3 + 0,3 + 0,1 = 1,1 \text{ мм}$$

Наибольшая длина компенсации может быть равной

$$\delta_k = T_{A\Delta} - T_{A\Delta} , \quad (6)$$

$$\delta_k = 1,1 - 0,3 = 0,8 \text{ мм}$$

Для того чтобы создать на звене A_2 необходимый для пригонки слой материала, в координату середины поля допуска этого звена следует ввести поправку Δ_k [20]:

$$\Delta_k = \delta_k / 2 + \Delta_{oA\Delta} - \Delta_{oA\Delta} , \quad (7)$$

$$\Delta_k = 0,8 / 2 - 0,1 = 0,3$$

Поэтому следует установить

$$\Delta_{oA2} = 0,3 + 0 = 0,3 \text{ мм}$$

3.2 Расчет затяжки резьбовых соединений

Резьбовые соединения в сборке трансмиссии составляют около 70%, среди прочих соединений (сварные, прессовые). Все резьбовые соединения должны иметь механизм стопорения [4]. Регламент соревнований Формула студент допускает такие виды стопорения как:

- 1) Верно установленная проводка;
- 2) Шпилька (шпонка);
- 3) Нейлоновая контргайка (ISO 7040, ISO 10512, EN 1663 или эквивалентная) для местоположений с низкой температурой (80° или ниже);

4) Контргайка с крутящим моментом, исключая отвинчивание (DIN 980, ISO 7042 или эквивалентная, гайка с фланцем или К-гайка);

5) Стопорные пластины;

6) Стопорная шайба.

Для обеспечения долговечности резьбовых соединений требуется произвести расчет усилия затяжки. Проведем расчет для резьбового крепления фланца с ШРУСом рисунок 21.

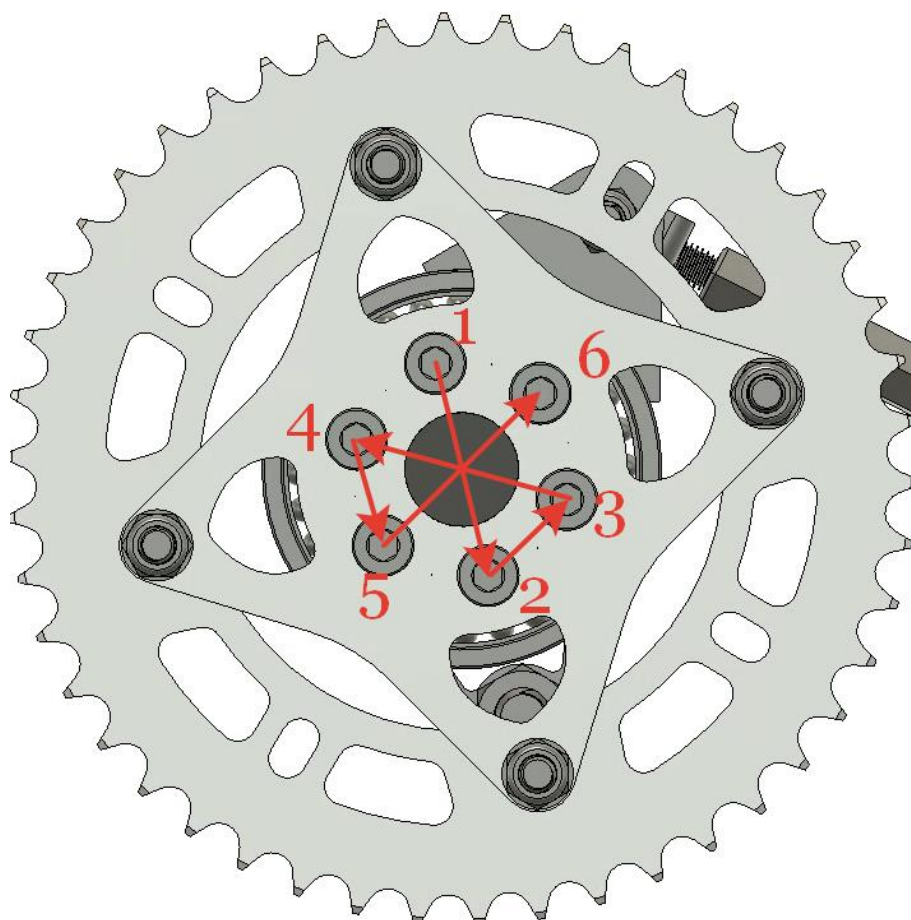


Рисунок 21 – Схема последовательности затяжки винтов группового резьбового соединения [19]

Воздействующая внешняя сила равна:

$$P_H = \frac{M_d}{l \cdot n} \cdot \frac{z_2}{z_1}, \quad (8)$$

где M_d – крутящий момент на электродвигателе;

l – расстояние от точки вращения до оси винта (плечо);

n – количество крепежных винтов;

z_2 – количество зубьев на ведомой звезде;

z_1 – количество зубьев на ведущей звезде.

$$P_H = \frac{64}{0,023 \cdot 6} * \frac{45}{15} = 1391 \text{ Н}$$

Минимальное усилие затяжки Q_3 должно удовлетворять условию плотности (нераскрытия) стыка при воздействии на соединение внешней силы P_H :

$$Q_3 = \gamma \cdot P_H(1 - \chi), \quad (9)$$

где γ – запас по плотности;

χ – коэффициент основной нагрузки ($\chi=0,2-0,4$)

Запас по плотности составляет 2,5–4 для переменных нагрузок

$$Q_3 = 3 \cdot 1391(1 - 0,3) = 2921,1 \text{ Н}$$

Прикладываемый при затяжке крутящий момент $M_{кл}$ (момент на ключе) пропорционален усилию затяжки Q_3 . Для крепежных резьб с углом профиля $\alpha = 60^\circ$:

$$M_{кл} = Q_3(0,16P_H + 0,58d_2 \cdot f_p) + Q_3 \cdot \frac{D_T}{2} \cdot f_T, \quad (10)$$

где d_2 – средний диаметр резьбы;

D_T – приведенный диаметр окружности действия сил трения на опорной поверхности гайки;

f_T – коэффициент трения на опорной поверхности гайки.

$$M_{\text{кл}} = 2921,1(0,16 \cdot 1391 + 0,58 \cdot 7,188 \cdot 10^{-3} \cdot 1,73) + 2921,1 \cdot \frac{4,98 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot 1,99 = 34,9 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

где коэффициент трения в резьбе f_p связан с углом трения зависимостью:

$$f_p = \operatorname{tg} \varphi, \quad (11)$$

где φ – угол профиля резьбы (60°).

$$f_p = \operatorname{tg} 60 = 1,73$$

$$\frac{D_T}{2} = \frac{1}{3} * \left(\frac{D^3 - d_0^3}{D^2 - d_0^2} \right), \quad (12)$$

где D , d_0 – наружный и внутренний диаметры опорной кольцевой поверхности гайки соответственно

$$\frac{D_T}{2} = \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{11,3^3 - 8,5^3}{11,3^2 - 8,5^2} \right) = 4,98 \text{ мм}$$

4 Безопасность и экологичность технического объекта

В ходе выполнения той или иной работы, на своем рабочем месте, рабочий подвержен рискам, что в конечном итоге служит получением производственных травм. В разделе рассмотрены вредные воздействия на рабочего вследствие его взаимодействия с представленным оборудованием, при невыполнении им требованиям техники безопасности.

Тема ВКР: «Сборочная технология для болида класса «Формула Студент»»

Произведенный анализ был выполнен по методическому пособию указанному, в источнике 5.

4.1 Технологический паспорт технического объекта

Технологический паспорт технического объекта указан в таблице 3.

Таблица 3 - Технологический паспорт технического объекта

«Технологический процесс». [5]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ». [5]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию». [5]	«Оборудование, техническое устройство приспособление». [5]	«Материалы, вещества». [5]
1	2	3	4	5
ТП сборки	Сборочная	Сборщик-монтажник	Сварочный полуавтомат	Сталь, сварочные газы

4.2 Идентификация профессиональных рисков.

«Результаты идентификации профессиональных рисков приводятся в виде таблицы 4» [5].

Таблица 4 – Идентификация профессиональных рисков

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ». [5]	«Опасный и/или вредный производственный фактор». [5]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора». [5]
1	2	3
Сварочная	Твердые и газообразные токсические вещества, интенсивное излучение сварочной дуги в оптическом диапазоне (ультрафиолетовое, видимое, инфракрасное), интенсивное тепловое (инфракрасное) излучение свариваемых изделий и сварочной ванны	Сварочный аэрозоль
	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок	Заготовка
	Искры, брызги и выбросы расплавленного металла и шлака могут явиться причиной ожогов	Сварочная ванна

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

В таблице 5 приведены методы и средства снижения профессиональных рисков.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Идентификация классов и опасных факторов пожара Результаты выполненной идентификации опасных факторов пожара оформлены в таблице 6.

Таблица 5 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

«Опасный и/или вредный производственный фактор». [5]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора». [5]	«Средства индивидуальной защиты работника». [5]
Твердые и газообразные токсические вещества, интенсивное излучение сварочной дуги	Периодическое проведение инструктажа по технике безопасности.	Средство индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД), маска с затемненным стеклом.
Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок	Периодическое проведение инструктажа по технике безопасности.	Спецодежда, перчатки.
Искры, брызги и выбросы расплавленного металла и шлака	Периодическое проведение инструктажа по технике безопасности.	Очки защитные, щит, спецодежда.

Таблица 6 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

«Участок, подразделение». [5]	«Оборудование». [5]	«Класс пожара». [5]	«Опасные факторы пожара». [5]	«Сопутствующие проявления факторов пожара». [5]
1	2	3	4	5
Сварочный	Сварочный полуавтомат	Г	Высокая температура задымленность, выделение ядовитых и канцерогенных паров при сгорании легкоплавких веществ	Части объектов, разрушившихся при возгорании, распространение тока при повреждении проводки, вредные выбросы в атмосферу из очага пожара из-за повреждения

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5
-	-	-		защитных сооружений, отравление окружающей среды средствами ликвидации пожара

Технические средства обеспечения пожарной безопасности «В данном пункте производится разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности заданного технического объекта» [5]. Данные приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

«Первичные средства пожаротушения». [5]	«Мобильные средства пожаротушения». [5]	«Стационарные установки системы пожаротушения». [5]	«Средства пожарной автоматики». [5]	«Пожарное оборудование». [5]	«Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре». [5]	«Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)». [5]	«Пожарные сигнализации, связь и оповещение». [5]
Песок, пенный огнетушитель	Пожарная мотопомпа	Аэрозольная система пожаротушения	Прибор управления пожарный	Пожарный шкаф	Респираторы, промышленные противогазы	Лопата совковая, багор, ведро	Лопата совковая, багор, ведро

Пожару присваивается класс Г, так как процесс сварки сопровождается большим выделением тепла, что может стать причиной пожара.

Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 8 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

«Наименование технологического процесса» [5].	«Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий». [5]	«Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты». [5]
Сварка	Организация пожарной охраны, проведение мероприятий по обучению сотрудников действиям во время пожара, идентификация пожароопасных веществ и определение правил их хранения и транспортировки	Наличие температуры и давления воздуха, препятствующего быстрому распространению пламени, установка молниеотводов

После идентификации антропогенных воздействий технологического процесса на различные среды, составляется перечень мероприятий по предотвращению негативного влияния этих воздействий (таблицы 9-10).

Таблица 9 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

«Наименование технического объекта, производственного-технологического процесса». [5]	«Структурные составляющие технического объекта, производственного-технологического процесса». [5]	«Воздействие технического объекта на атмосферу». [5]	«Воздействие технического объекта на гидросферу». [5]	«Воздействие технического объекта на литосферу». [5]
ТП сварки	Сварочный аппарат	Выброс в атмосферу сварочных аэрозолей и газов	-	Отходы в виде металлической стружки при зачистке металла

4.5 Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»

1. В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса сварки, перечислены

технологические операции, производственно-техническое и инженерно-техническое оборудование (таблица 3).

Таблица 10 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду [14]

«Наименование технического объекта». [5]	ТП сварки
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу». [5]	Установка воздушных фильтров в помещении
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу». [5]	-
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу». [5]	Сбор, измельчение, брикетирование стружки и дальнейшая отправка в службу приема утилизации для повторного использования

2. Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу сварки, выполняемым технологическим операциям, видам производимых работ (таблица 4).

3. Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков, и подобраны средства индивидуальной защиты для работников (таблица 5).

4. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара и разработка средств, методов и мер обеспечения пожарной безопасности (таблица 6). Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности (таблица 7). Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте (таблица 8).

5. Идентифицированы экологические факторы (таблица 9) и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте (таблица 10).

5 Экономическая эффективность работы

5.1 Общие положения

Бизнес-презентация в Формуле Студент - это презентация для гипотетических инвесторов или же производителей. Задача работы - описать экономическую и производственную части проекта. Также каждая участвующая команда отправляет документ называемый «кост репорт» В нем указывается стоимость каждой детали или составляющий узла, а также стоимость их обработки. Этот документ показывает насколько рационально используются ресурсы командами, а также позволяет произвести сравнение одних и тех же узлов у разных команд.

5.2 Выбор способа производства

В связи с выше высказанным этим стоимости производства уделяется большое внимание. Перед началом проектировки производится примерная оценка стоимости того или иного варианта производства. Нами был рассмотрен вариант изготовления наружной обоймы ШРУСа из стального круга с помощью токарного и чпу фрезерного 3-х осевого станка и вариант покупки готового ШРУСа с последующей модернизацией (рисунок 22).

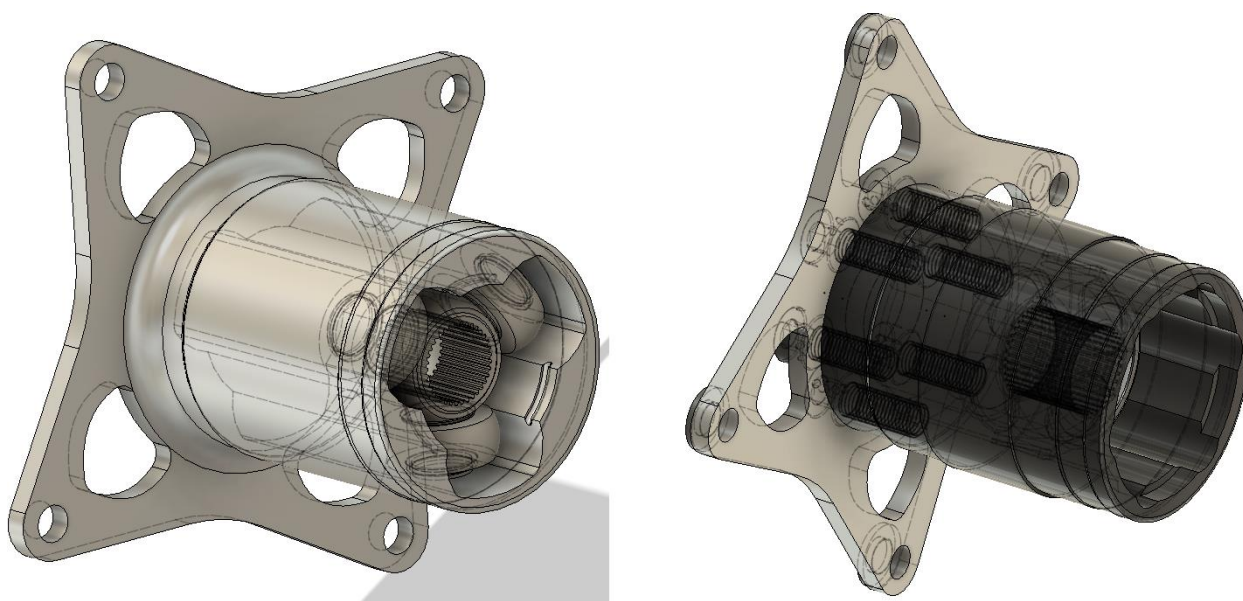


Рисунок 22 – Две сравниваемые конструкции ШРУСа

Первый из приведенных способов будет дороже поскольку деталь получается геометрически очень сложной и включает в себя такие операции как [11]:

1. Токарная обработка наружного контура детали
2. Фрезерная обработка внутренней части ШРУСа под внутреннюю обойму
3. Термообработка (цементация)

Покупной готовый ШРУС также требует последующую обработку, но уже с меньшим количеством операций.

Покупной ШРУС требует такие операции как:

1. Токарная обработка наружного контура детали
2. Сверление

Минусом данной конструкции является требуемая высокая точность сборки ШРУСа, так как точность сборки корпуса и фланца влияет на биение ведомой звезды. При большом биении будет возникать преждевременный износ цепи и пониженный КПД трансмиссии.

С другой стороны, производство ШРУСа с нуля позволит сэкономить вес, а технологичность производства обеспечит высокую точность и качество изготовления детали [13]. Проанализировав оба варианта нами был выбран вариант модернизации ШРУСа.

5.3 Расчет стоимости операций по производству ШРУСа

Сначала заполняется (таблица 11), в которой указывается количество и размер заготовок, из которых будут изготавливаться детали:

Что бы узнать фактическую экономию мы решили произвести расчет стоимости этого варианта по правилам соревнований «Формула Студент»

Расчет основных материалов за вычетом отходов:

$$M = M_3 \cdot C_{\text{мат}} \cdot K_{\text{тз}} - M_{\text{отх}} \cdot C_{\text{отх}} \quad (13)$$

Где M_3 - масса заготовки,

$C_{\text{мат}}$ - цена 1кг материала заготовки,

$K_{\text{тз}}$ - коэффициент транспортно-заготовительных расходов

$M_{\text{отх}}$ - вес отходов в стружку

$C_{\text{отх}}$ - цена 1кг отходов.

$$M = 8,65 \cdot 143,325 \cdot 1,065 - 10,58 \cdot 25 = 1055,84 \text{ руб.}$$

Таблица 11 – Стоимость сырья

Заготовка	Материал	Габариты	Стоимость заготовки
1	2	3	4
Круг стальной	Сталь 40х	Диаметр- 150 мм Длина- 90 мм	1055,84 руб.

Таким образом мы получаем стоимость заготовки одного ШРУСа.

Для расчета стоимости производства ШРУСа используем таблицу стоимости для операций (), предоставленную организаторами соревнований «Формула Студент»

Таблица 12 - Стоимость производства

Наименование детали	Тип операции	Расчетное время обработки	Стоимость нормо-час
1	2	3	4
Наружная обойма ШРУСа	Токарная	1,2 ч.	1200 р/час
	Фрезерная	6 ч.	1800 р/час
	Термообработка	-	800 р

Расчетное время обработки было получено при помощи САМ-системы Fusion 360 (рисунок 23).

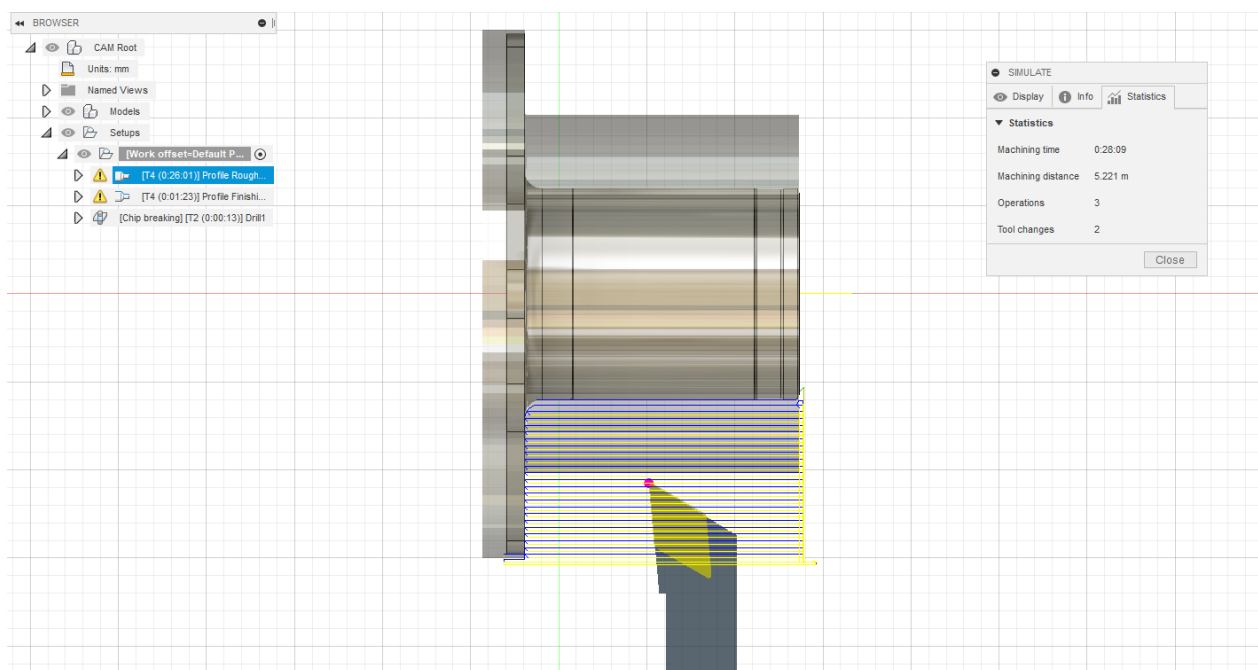


Рисунок 23– Пример расчета времени токарной обработки, полученный в Fusion 360 [9].

Просуммировав время на обработку с учетом стоимости материала, получим стоимость изготовления наружной обоймы ШРУСа равной 14279,1 руб. Также стоит учесть стоимость внутренней обоймы ШРУСа, стопорного кольца и графитовой смазки, рыночная стоимость которой представлена в (таблице 13)

Таблица 13 - Стоимость дополнительных компонентов

Наименование	Рыночная стоимость
Внутренняя обойма ШРУСа	468 руб.
Стопорное кольцо внутреннего сепаратора	15 руб.
Графитовая смазка	70 руб.

Итоговая стоимость ШРУСа равна 14832,1 руб.

Для сравнения рассчитаем вариант покупки ШРУСа с последующей доработкой. Для начала рассчитаем стоимость материала для стального фланца (таблица 14), который крепиться к обработанной наружной обоймы ШРУСа

Таблица 14 - Стоимость сырья

Заготовка	Материал	Габариты	Стоимость заготовки
Стальной лист	Сталь 20	150x150мм	124,42 руб.

Далее следует провести расчёт стоимости изготовления изделий и занести в (таблицу 15)

Таблица 15 - Стоимость производства

Наименование детали	Тип операции	Расчетное время обработки/Общая длина резки	Стоимость нормо-час/Цена за погонный метр
Наружная обойма ШРУСа	Токарная	1 ч.	1200 р/час
	Сверлильная	0,5 ч.	600 р/час
Фланец	Лазерная резка	1099,58 мм	25 руб.

Просуммировав время на обработку без учета стоимости материала, получим стоимость доработки ШРУСа равной 1500 руб. и стоимость обработки фланца равной 27,47 руб.

Стоит учесть стоимость покупки ШРУСа, рыночная цена которого равна 3800 руб. Также в такой конструкции присутствуют дополнительные метизы, такие как Болт М8 с классом прочности 12.9 в количестве 8 шт. Занесем все данные в (таблицу 16)

Просуммировав все компоненты получаем итоговую стоимость узла равную 5819,9 руб. По сравнению с изготовлением собственного ШРУСа экономия составляет 8459,2 руб.

Таблица 16 - Общая стоимость ШРУСа

Наименование детали	Стоимость обработки	Стоимость материала/детали	Количество	Итоговая стоимость
1	2	3	4	5
ШРУС	1500 руб.	3800,0 руб.	1	5300 руб.
Фланец	27,47 руб.	124,42 руб.	1	151,89 руб.
Болт М8	-	46,0 руб.	8	368,0 руб.

Рассчитаем срок окупаемости капитальных вложений основываясь на методике, содержащейся в рекомендации по написанию экономических разделов [7]. Для этого требуется определить чистую прибыль по формуле:

$$P_{\text{чист}} = P_{\text{ож}} - N_{\text{приб}} \quad (14)$$

Где $P_{\text{ож}}$ – ожидаемая прибыль;

$N_{\text{приб}}$ - налог на прибыль.

$$P_{\text{чист}} = 8459,2 - 1691,64 = 6767,56 \text{ руб.}$$

Формула для расчета окупаемости выглядит следующим образом [7]:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{в}}}{P_{\text{чист}}} + 1 \quad (15)$$

где $K_{\text{в}}$ - капитальные вложения.

$$T_{\text{ок}} = \frac{5819,9}{6767,56} + 1 = 1,86$$

Округляем значение до целого года и получаем срок окупаемости 2 года. Рассчитаем общий дисконтированный доход по формуле [7]:

$$D_{\text{общ, диск}} = P_{\text{чист}} \cdot \sum_1^T \frac{1}{(1+E)^t} \quad (16)$$

где E – ставка на капитал (E=0,1).

$$D_{\text{общ, диск}} = 6767,56 \cdot \left(\frac{1}{(1+0,1)^1} + \frac{1}{(1+0,1)^2} \right) = 11744,7 \text{ руб.}$$

Определим чистый дисконтированный доход (ЧДД) по формуле [7]:

$$\text{ЧДД} = D_{\text{общ, диск}} - K_B \quad (17)$$

ЧДД равняется 5924,8 руб. Значение дохода является положительным что признает конструкцию эффективной и из этого следует определить индекс доходности проекта (ИД) [7]:

$$\text{ИД} = \frac{D_{\text{общ, диск}}}{K_B} \quad (18)$$

Из расчета получаем значение индекса равное 2,01 что показывает хорошую доходность от выбранного варианта.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы были достигнуты следующие результаты:

1. В разделе 1.1 «Назначение и характеристика болида» приведено основное назначение болида «Формула студент», даны общие расчетные характеристики болида и характеристики тяговой системы.

2. В разделе 1.2 «Анализ конструкции» произведено определение служебного назначения, описан принцип работы трансмиссии и её отдельных частей, а также перечислены основные компоненты, в виде иллюстраций, входящие в конструкцию трансмиссии и способы их изготовления.

3. В разделе 1.3 «Позиционирование деталей трансмиссии» описаны ограничения, связанные с правилами соревнований и предназначение этих ограничений.

4. В разделе 1.4 «Анализ технологичности конструкции трансмиссии» перечислен ряд общих требований технологичности для различных конструкций, включая трансмиссию болида «Формула Студент»

5. В разделе 2 «Конструкторская часть» произведен расчет возникающих напряжений на приводном валу при помощи формул и проверен в CAE-системе Fusion 360.

6. В разделе 3 «Технологическая часть» выполнен расчет размерной цепи сборочного узла и расчет затяжки резьбовых соединений.

7. В разделе 4 «Безопасность и экологичность технического объекта» проведена работа по безопасности и экологичности технологического процесса сварки

8. В разделе 5 «Экономическая эффективность технического объекта» произведено экономическое сравнение двух вариантов изготовления конструкции ШРУСов.

Цель работы, обозначенная в введении, достигнута.

Список используемых источников

1. Амирджанова, И.Ю. Правила оформления выпускных квалификационных работ: учебно-методическое пособие / И.Ю. Амирджанова, Т.А. Варенцова, В.Г. Виткалов, А.Г. Егоров, В.В. Петрова Тольятти : ТГУ, 2019, - 145 с.
2. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя в 3-х т. Т.3. - 8-е изд. Перераб. и доп. Под ред. И.Н. Жестоковой. [Текст] / В.И. Анурьев. - М.: Машиностроение, 2001 . - 864 с.
3. Вишняков, Н.Н. Автомобиль: Основы конструкции 2 изд-е [Текст] / Вишняков Н.Н, Вахламов В.К, Нарбут А.Н. – М. :Машиностроение, 1986. – 304
4. Горбачевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов/ А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред. М: – ООО ИД «Альянс», 2007 – 256 с.
5. Горина, Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти : изд-во ТГУ, 2016. – 51 с.
6. Егоров, А. Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста : учебнометодическое пособие / А. Г. Егоров, В. Г. Виткалов, Г. Н. Уполовникова, И. А. Живоглядова. - Тольятти, 2012, - 135 с.
7. Зубкова, Н.В. Методические указания по расчету экономической эффективности / Н.В. Зубкова. – Тольятти : изд-во ТГУ, 2019. – 52 с.
8. Иванов, А.С. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие / А.С. Иванов, П.А. Давыденко, Н.П. Шамов. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 276 с.
9. Козлов, А.А. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин: учеб.-метод. пособие по выполнению курсовых проектов по дисциплине «Основы технологии машиностроения» для

студентов спец. 151001 «Технология машиностроения» / сост. А.А. Козлов, И.В. Кузьмич. – Тольятти: ТГУ, 2008. – 152 с.

10. Кузнецов, Б.А Краткий автомобильный справочник. – 10-е изд [Текст] / Б.А. Кузнецов. – М. : Транспорт, 1984. – 220 с.

11. Лебедев, В. А. Технология машиностроения : Проектирование технологий изготовления изделий : учеб.пособие для вузов / В. А. Лебедев, М. А. Тамаркин, Д. П. Гепта. - Гриф УМО. – Рос.- на- Д. : Феникс, 2008. – 361с.

12. Маталин, А. А. Технология машиностроения :учеб.для студ. вузов, обуч. по спец. 151001 напр. "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроит. производств" / А. А. Маталин. - Изд. 3-е, стер. ; Гриф УМО. - СПб [и др.] : Лань, 2010. - 512 с.

13. Михайлов, А.В. Основы проектирования технологических процессов машиностроительных производств / А.В. Михайлов, Д.А. Расторгуев, А.Г. Схиртладзе / Старый Оскол: издательство «тонкие наукоемкие технологии» 2018. (2-е изд., стер.)

14. Петрова, М.С. Охрана труда на производстве и в учебном процессе: учеб.пособие. / М.С. Петрова – М.: ЭНАС, 2006.-232с.

15. Расторгуев, Д. А. Технологическая часть выпускной квалификационной работы машиностроительного направления [Электронный ресурс] : электронное учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2017. - 34 с.

16. Регламент международных соревнований 2020 Formula SAE® Rules

17. Сергель, Н.Н. Технологическое оборудование машиностроительных предприятий:учеб.пособие / Н. Н. Сергель. –Мин. : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2013. - 732 с

18. Скворцов, В.Ф. Основы технологии машиностроения : учеб. пособие / В.Ф. Скворцов. – 2-е изд. – М. : ИНФРА-М, 2019 – 330 с

19. Справочник технолога-машиностроителя, в 2-х т. Т.2/под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова.- 4-е изд.перераб. и доп. -М.: Машиностроение, 1985.- 496 с.
20. Технология машиностроения :учеб.пособие для вузов / под ред. М. Ф. Пашкевича. –Мин. : Новое знание, 2008. - 477 с.
21. Chryssolouris, George. Manufacturing Systems: Theory and Practice. George Chryssolouris – Patras: PublishingUniversity of Patras, 2005. – 603 page
22. Fusion 360 [электронный ресурс]:
URL: <https://help.autodesk.com/view/fusion360/ENU/?guid=SIM-STRUCTURAL-LOADS-CMD> (10.05.2021)
23. Mikell, P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems / P. Mikell. - John Wiley & Sons, 2010. - p. 1024. 47
24. Niemann, G. Maschinenelemente: Band 1: Konstruktion und Berechnung von Verbindungen, Lagern, Wellen / G. Niemann, H. Winter. - 2005.Springer, - p. 903.
25. Quora [электронный ресурс]:URL: <https://www.quora.com/search?q=Shear%20stress%20diagram> (8.05.2021)

Приложение А

Спецификации к сборочным чертежам

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
					Документация			
	A1			21.ВКР.ОТМП.284.65.00.000.СБ	Сборочный чертеж			
					Сборочные единицы			
Справ. №			1	21.ВКР.ОТМП.284.65.01.000	Электромотор RV-160Ет	1		
			2	21.ВКР.ОТМП.284.65.02.000	Корпус ШРЧСа	1		
			3	21.ВКР.ОТМП.284.65.03.000	Шрус	1	Комплект	
					Детали			
Подп. и дата			4	21.ВКР.ОТМП.284.65.00.001	Плита	1		
			5	21.ВКР.ОТМП.284.65.00.002	Приводной вал	1		
			6	21.ВКР.ОТМП.284.65.00.003	Ведущая звезда	1		
Инв. № дубл.			7	21.ВКР.ОТМП.284.65.00.004	Ведомая звезда	1		
			8	21.ВКР.ОТМП.284.65.00.005	Фланец	1		
			9	21.ВКР.ОТМП.284.65.00.006	Болт М8 специальный	6		
Взам. инв. №			10	21.ВКР.ОТМП.284.65.02.007	Пластина-натяжитель	1		
			11	21.ВКР.ОТМП.284.65.01.008	Защитный экран мотора	1		
			12	21.ВКР.ОТМП.284.65.02.009	Тяговая серьга	1		
Подп. и дата			13	21.ВКР.ОТМП.284.65.02.010	Тяговая серьга	1		
			14	21.ВКР.ОТМП.284.65.02.011	Соединительная гайка	1		
			15	21.ВКР.ОТМП.284.65.00.012	Защита цепи	1		
21.ВКР.ОТМП.00.000СБ								
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Лист	Листов
	Разраб.	Шитов Д.Э.				1	1	2
	Проб.	Распоргуев Д.А.						
	Н.контр.	Распоргуев Д.А.				ТГУ ИМ зр. ТМп-1702а		
	Утв.	Логинов Н.Ю.				Формат	А4	

Копировал

Формат А4

Продолжение Приложения А

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание	Изн.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата																																					
		16	21.ВКР.ОТМП.284.65.00.0016	Упорное кольцо	1																																																
				<u>Стандартные изделия</u>																																																	
		17		Гайка М8 самоконтрящаяся DIN 985	6																																																
		18		Винт М8 с потайной головкой DIN 7991	4																																																
		19		Болт М8 с внутренним шестигранником DIN 912	5																																																
		20		Шпонка 8x5x30 ГОСТ 23360-78	1																																																
		21		Винт установочный DIN 916	1																																																
		22		Болт М12 ГОСТ 7805-70	1																																																
		23		Гайка М12 ГОСТ 5916-70	1																																																
		24		Подшипник 61812-2RZ	2																																																
		25		Шайба А.12.01.08кп.016 ГОСТ 11371-78	1																																																
		26		Шайба А.8.01.08кп.016 ГОСТ 11371-78	9																																																
		27		Цепь роликовая 08В-1	1																																																
<table border="0" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td align="right" colspan="11" style="font-size: 24pt;">21.ВКР.ОТМП.00.000СБ</td> <td align="right" style="font-size: 12pt;">Лист</td> </tr> <tr> <td align="right" colspan="11"></td> <td align="right" style="font-size: 12pt;">2</td> </tr> <tr> <td align="right" colspan="5" style="font-size: 10pt;">Изн. Лист</td> <td align="right" colspan="5" style="font-size: 10pt;">№ докум. Подп. Дата</td> <td align="right" colspan="2" style="font-size: 10pt;">Копировал</td> <td align="right" colspan="2" style="font-size: 10pt;">Формат А4</td> </tr> </table>																21.ВКР.ОТМП.00.000СБ											Лист												2	Изн. Лист					№ докум. Подп. Дата					Копировал		Формат А4	
21.ВКР.ОТМП.00.000СБ											Лист																																										
											2																																										
Изн. Лист					№ докум. Подп. Дата					Копировал		Формат А4																																									

Продолжение Приложения А

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A1			21.ВКР.ОТМП.284.65.02.000СБ	Сборочный чертеж	1	
<i>Детали</i>						
		1	21.ВКР.ОТМП.284.65.02.001	Втулка дистанционная Кронштейнов верхняя	1	
		2	21.ВКР.ОТМП.284.65.02.002	Втулка дистанционная Кронштейнов нижняя	1	
		3	21.ВКР.ОТМП.284.65.02.003	Втулка дистанционная Втулки крепления	1	
		4	21.ВКР.ОТМП.284.65.02.004	Гильза	1	
		5	21.ВКР.ОТМП.284.65.02.005	Кронштейн натяжения цепи	2	
		6	21.ВКР.ОТМП.284.65.02.006	Пластина верхняя	1	
		7	21.ВКР.ОТМП.284.65.02.007	Пластина нижняя	1	
<i>Стандартные изделия</i>						
		8		Болт М12 х 75		
		9		Болт М10 х 75		
		10		Гайка М12 ГОСТ 5915-70		
		11		Гайка М10 ГОСТ 5915-70		
		12		Шайба 10 ГОСТ 11371-72		
		13		Шайба 12 ГОСТ 11371-72		
21.ВКР.ОТМП.284.65.02.000СБ						
Изм./Лист		№ докум.		Подп.		Дата
Разраб.		Шитов Д.Э.				
Проб.		Расторгуев Д.А.				
Н.контр.		Расторгуев Д.А.				
Утв.		Расторгуев Д.А.				
				Станель корпуса		
Лит.		Лист		Листов		
1		1		1		
				ТГУ каф. ОТМП гр. ТМп-1702а		

Копировал

Формат А4

Приложение Б

Перечень работ

Таблица Б.1 – Перечень работ

№	Содержание основных и вспомогательных переходов	Время, мин
1	2	3
	1. Узловая сборка ШРУСа	
1	Осмотреть ШРУС со всех сторон	0,1
2	Осмотреть радиальные подшипники	2x0,05
3	Запрессовать подшипники на внешнюю обойму	2x1,5
4	Надеть корпус ШРУСа на подшипники	0,5
5	Осмотреть тяговую серьгу 1	0,2
6	Установить тяговую серьгу между проушинами на корпусе предварительно	0,3
7	Установить пластину-натяжитель с внешней стороны проушины	0,2
8	Установить винт М8х35 в проушину корпуса предварительно	0,9
9	Надеть шайбу М8 на винт М8	0,1
10	Навернуть гайку М8 на винт М8х35	0,8
11	Ввернуть соединительную гайку в тяговую серьгу 1	1,2
12	Осмотреть тяговую серьгу 2	0,2
13	Ввернуть тяговую серьгу 2 в соединительную гайку	0,8
14	Осмотреть фланец	0,2
15	Осмотреть ведомую звезду	0,3
16	Установить ведомую звезду на фланец	0,4
17	Ввернуть болт М8х20 в ведомую звезду предварительно	4x0,5
18	Установить шайбу на винт М8х20	4x0,3
19	Навернуть гайку М8 на винт М8х20 предварительно	4x0,6
20	Навернуть гайку М8 на винт М8х20 по схеме затяжки группового соединения окончательно	4x0,2
21	Установить фланец на внешнюю обойму ШРУСа	0,3
22	Ввернуть винт М8х25 специальный в внешнюю обойму ШРУСа предварительно	6x0,7
23	Ввернуть винт М8х25 специальный в внешнюю обойму ШРУСа по схеме затяжки группового соединения окончательно	6x0,5
24	Установить контровочную проволоку на винт М8х25 специальный по схеме контровки	1
25	Переместить ШРУС в сборе на общую сборку	0,2
	Итого:	24,1
	2. Узловая сборка электромотора	
1	Осмотреть электромотор со всех сторон	0,2
2	Установить Электромотор на плиту	0,2
3	Ввернуть винт М10х45 в фланец электромотора предварительно	3x0,5
4	Ввернуть винт М10х45 в фланец электромотора по схеме затяжки группового соединения окончательно	3x0,2
5	Установить шпонку 8x5x30 на вал электромотора	0,2
6	Надеть ведущую звезду на вал электродвигателя	0,1
7	Ввернуть стопорный винт в ведомую звезду	0,4
8	Переместить электромотор в сборе на общую сборку	0,2

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3
	Итого:	3,2
	3. Узловая сборка трансмиссии	
1	Установить ШРУС в сборе на плиту	0,2
2	Установить тяговую серьгу 2 на плиту	0,2
3	Ввернуть винт М8х40 в тяговую серьгу 2	0,4
4	Установить шайбу М8 на винт М8х40	0,1
5	Навернуть гайку М8 на винт М8х40	0,5
6	Переместить трансмиссию в сборе на общую сборку болида	0,2
	Итого:	1,6
	4. Общая сборка трансмиссии	
1	Установить плиту на место крепления трансмиссии на раме	2
2	Ввернуть винт М8х40 в кронштейн крепления плиты	3х0,2
3	Установить шайбу М8 на винт М8х40	3х0,2
4	Навернуть гайку М8 на винт М8х40	3х0,4
5	Установить проставочную шайбу на проушину крепления корпуса ШРУСа	0,1
6	Ввернуть винт М12х90 в проушину крепления корпуса ШРУСа	0,3
7	Навернуть гайку М12 на винт М12х90	0,4
8	Ввернуть винт М8х40 в кронштейн крепления пластины-натяжителя	0,4
9	Установить шайбу М8 на винт М8х40	0,2
10	Навернуть гайку М8 на винт М8х40	0,2
11	Осмотреть роликтовую цепь	0,2
12	Надеть роликтовую цепь на ведомую и ведущую звезду	0,5
13	Соединить концы цепи	0,2
14	Установить замок в пластину цепи	0,3
15	Смазать цепь	0,5
16	Осмотреть приводной вал	0,1
17	Надеть пыльник на приводной вал	0,3
18	Надеть внутреннюю обойму на приводной вал	0,3
19	Смазать внутреннюю обойму графитовой смазкой	0,3
20	Установить стопорное кольцо на приводной вал	0,4
21	Установить внутреннюю обойму в внешнюю обойму	0,2
22	Проверить легкость хода шариков по направляющим	0,3
23	Надеть пыльник на наружную обойму ШРУСа	0,5
24	Установить хомут на пыльник	2х0,3
	Итого:	10,7
	Всего:	39,6