

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 кафедры)

23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и автомобильное хозяйство

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Совершенствование конструкции передней подвески спортивного
болида «Формула Студент»

Студент

П.С. Гвоздев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

В.А. Ивлиев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

А.Н. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.В. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Е.Г. Пипко

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Г. Егоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой

к.т.н., доцент А.В. Бобровский

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

(личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

Разработка поворотного кулака передней подвески болида класса «Формула Студент». Выпускная квалификационная работа. Тольяттинский Государственный Университет, 2019.

Представлена конструкция стенда для нагрузочных испытаний поворотного кулака. Разработаны общие требования к проектируемому оборудованию.

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки в размере - страниц, содержащей - таблиц, - рисунков и графической части, содержащей 6 листов.

ABSTRACT

Formula Student is a challenge for students from different universities to conceive design, fabricate, develop and compete with small formula style vehicles. The competitions consist of two parts: static and dynamic. This graduation work deals with both static discipline and dynamic discipline.

In the graduation work manufacturing of steering knuckles of Formula Student racing car is presented. This unit is used to connect wheels to the chassis. The effectiveness of the unit determines the car's controllability, and hence the performance. Thus, the problem considered in this work is very relevant for the successful progress of the team "Formula Student" in Togliatti State University. Manufacturing stand for knuckles loading and endurance test is developed. This stand will allow the team to level up the strength and reliability of the design, which will increase the chance for stable performance of the vehicle.

Process list and specification were developed to detail the manufacturing process. The graduation work consists of an explanatory note on - pages, containing -tables, - pictures and the graphic, - appendices and a graphic part including- sheets.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Разработка конструкции переднего кулака подвески боли.....	7
1.1 Роль подвески болида в соревнованиях.....	7
1.2 Проектирование кулаков	10
2 Оптимизация конструкции переднего кулака	15
2.1 Способы облегчения кулака.....	15
2.2 Разработка перфорирующих отверстий.....	15
3 Анализ стендов для прочностных испытаний кулаков болида.....	19
4 Разработка стенда для прочностных испытаний кулаков подвески болида	24
4.1 Технические требования.....	24
4.2 Разработка нагрузочного стенда.....	24
5 Безопасность и экологичность работы	28
6 Экономическая эффективность.....	35
6.1 Общие положения	35
6.2 Выбор способа производства переднего кулака	35
6.3 Расчет стоимости операций по производству кулака	36
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	40
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	41
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	45
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	46
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	47

ВВЕДЕНИЕ

Актуальным проектом среди высших учебных заведений со всего мира является проект формула студент. Результатом этого проекта должен стать гоночный автомобиль, спроектированный и собранный силами студентов, с которым они будут участвовать в международных соревнованиях.

Одной из задач соревнований является техническая защита конструкции, в которой необходимо обосновать то или иное техническое решение. В зависимости от эффективности решения судьями начисляются баллы, которые в свою очередь влияют на рейтинг команды.

Цель работы: Произвести модернизацию узлов и агрегатов для повышения их эффективности.

Эта работа является очень важной, так как от эффективности работы каждого узла зависит результат соревнований. Что бы оставаться конкурентоспособной командой каждый год приходится улучшать те или иные узлы болида. Особенное внимание оказывается подвески болида, потому что она определяет поведение болида на трассе, а значит, от нее в большой степени зависит результативность команды. В силу правил регламента и желания совершенствоваться каждый год происходит масштабная модернизация, которая затрагивает, как точки подвески, так и всевозможные узлы подвески. Применяются различные методы с одной целью создать более совершенную конструкцию, чем предшествующая. Организаторы вносят ограничения, которые призваны повысить безопасность и сохранять определенные рамки для всех команд. Так например Автомобиль должен иметь полностью рабочую переднюю и заднюю подвеску, включая амортизаторы. Ход подвески должен составлять как минимум 50 мм с водителем, находящимся внутри автомобиля (25 мм вверх и 25 мм вниз). [1] А также минимальный дорожный просвет автомобиля в статическом положении сводителем внутри составляет 30 мм. Все точки крепления подвески

должны быть видимыми во время тех-инспекции, либо напрямую, либо путем снятия некоторых панелей.

Целью выпускной квалификационной работы будет модернизация поворотных кулаков удовлетворяющих требованиям регламента соревнований Formula Studen и разработка стенда для их нагрузки.

Поставленная цель реализуется путем выполнения следующих задач:

1. Анализ минусов предыдущего узла
2. Проектирование новой конструкции
3. Оптимизация полученного узла
4. Анализ существующих стендов для нагрузочных стендов
5. Проектировка нагрузочного в соответствии с нашими требованиями

1 Разработка конструкции переднего кулака подвески болида

1.1 Роль подвески болида в соревнованиях

В соревнованиях «Формула Студент» существует множество конфигураций трасс. От быстрых с плавными поворотами до медленных с множеством шпилек. Большинство людей, не сведущих в автоспорте, думают, что мощность автомобиля является единственным критерием, влияющим на результат соревнований. Казалось бы, время прохождения трассы напрямую зависит от мощности, но это применимо только к прямолинейным отрезкам. На самом деле большую важность имеет правильно спроектированная и настроенная подвеска. В связки крутых поворотов она может помочь выиграть на много больше времени, чем более мощный двигатель. Таким образом, мы видим, какую важную роль играет подвеска автомобиля на соревнованиях. Также эффективность подвески зависит от количества неподрессоренных масс.[4] Во время отработки рельефа подвеской, возникают импульсы на колесе, которые передаются на шасси. Что бы предотвратить раскачивание между колесом и рамой устанавливается амортизатор, который гасит колебания. Чем меньше вес подвески вместе с колесом, тем меньше энергии возникает при колебании колеса. Поэтому всегда придается большое значение весу поворотного кулака, прилагается очень много усилия именно для облегчения уже имеющихся конструкции или оптимизации следующих генераций.

Во время разработки подвески нужно учитывать множество факторов, таких как угла наклона шкворня, кастора, угол аккермана. Также важно на этапе проектировки исключить возможность перетекания рычагов и их креплений во время работы подвески.

Сейчас для проектировки существует множество пакетов для разработки изделий в трехмерном пространстве при помощи персональных

компьютеров. Вот перечень популярных САПР программ: AutodeskInventor, AutoCad, SolidWorks, Kompas 3D и т.д.

В настоящее время тенденцией в Формуле Студент является увеличение энерговооруженности при одновременном снижении веса. На вес автомобиля также влияет и вес передней ступицы. Многие лидирующие команды предпочитают использование кулаков из легких металлов или композитных материалов, которые являются высокопрочными, износостойкими, подходят для запрессовки подшипников, технологической обработке и соответствуют регламенту FSAEили Rules. Бюджетные же команды предпочитают использовать стандартные узлы, применяемые в отечественном автопроме, так как они обладают рядом преимуществ: доступность детали, низкая себестоимость, высокая прочность, точность и высокая износостойкость. Однако у них есть существенный недостаток – большой вес, а также далеко не всегда подходящая геометрия детали.

Подвеска автомобиля относится к системе связи, которая обеспечивает сцепление колес с дорогой. Поворотный кулак необходим для передачи управления колесом во время движения болида. Находясь в передней части подвески автомобиля он крепится к рычагам. А кулаку крепится ступица на которое одевается колесо.

Эти компоненты обеспечивают болиду возможность маневрировать и отклоняться от прямолинейного движения. Они поддерживают стабильность колес, шин и других частей подвески. Одним из важных компонентов является поворотный кулак. Поворотный кулак – автомобильная часть, которая содержит ступицы колеса или шпинделя и прикрепляется к компонентам подвески. Колеса и шины крепятся к концентратору или к поворотному кулаку. Поворотный кулак может крепиться к верхнему и нижнему рычагу подвески.

Поворотные кулаки бывают разных конфигураций в зависимости от типа подвески автомобиля. Но они делятся на две группы: со ступицей или со шпинделем

Поворотные кулаки изготавливаются из алюминия, титана, стали и всевозможных сплавов. Сталь самый распространенный материал, применяемый при производстве этого узла. Поскольку во время движения и маневрирования на кулак приходятся большие силы, к этому узлу предъявляются большие требования по прочности. Именно сталь позволяет обеспечить эти требования с минимальными затратами. Но поскольку мы проектируем спортивный автомобиль, нам нужно большое внимание уделить весу изготавливаемого узла. Это имеет большое значение, поскольку кулак является частью неподрессоренных масс. Чем меньше мы сможем сделать вес узла, тем лучше будет управляться болид. К неподрессоренным массам относятся: колеса, шины, ступицы колес, тормозные барабаны или диски, рессоры, рычаги подвески, амортизаторы и пружины (согласно стандарту DIN, торсионные валы — уже поддрессоренная масса)

Подсчет неподрессоренных и поддрессоренных масс нужно для определения характеристик колебаний автомобиля, от которых зависит плавность хода автомобиля. Чем меньше соотношение неподрессоренной массы к поддрессоренной, тем плавнее будет автомобиль.

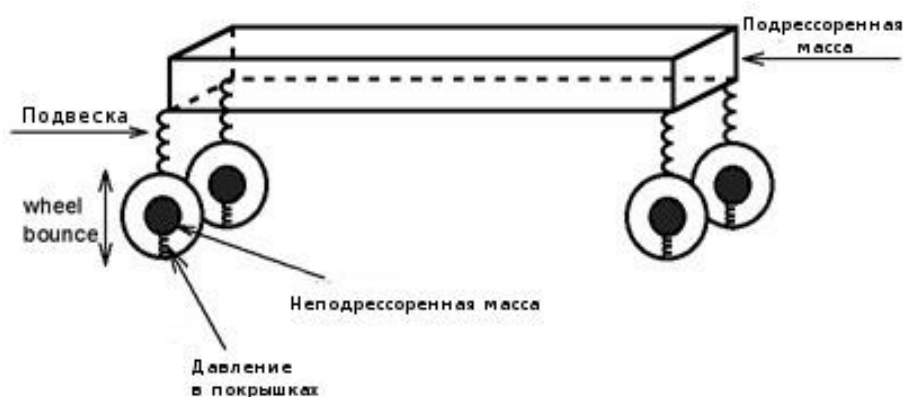


Рисунок 1.1 - Схематическое изображение масс

1.2 Проектирование кулаков

Во время преодоления рельефа дороги возникает усилие, которое передается через амортизирующий элемент на шасси болида. При этом виден очень большой плюс независимой подвески, которая намного легче поперечных балок и не обладает большой массой, а значит столь большой инерцией. Поэтому при изготовлении поворотного кулака из стали используется листовая прокатка и электросварка, которая позволяет сэкономить много веса по сравнению с литьем или фрезеровкой из цельного массива.



Рисунок 1.2 - Конструкция предыдущего поворотного кулака

Для уменьшения количества сварки мы решили изготавливать верхние и нижние лучи из листовой стали с использованием чпулистогиба. Это решение также увеличило прочность луча, т.к. из четырех сварных швов осталось два

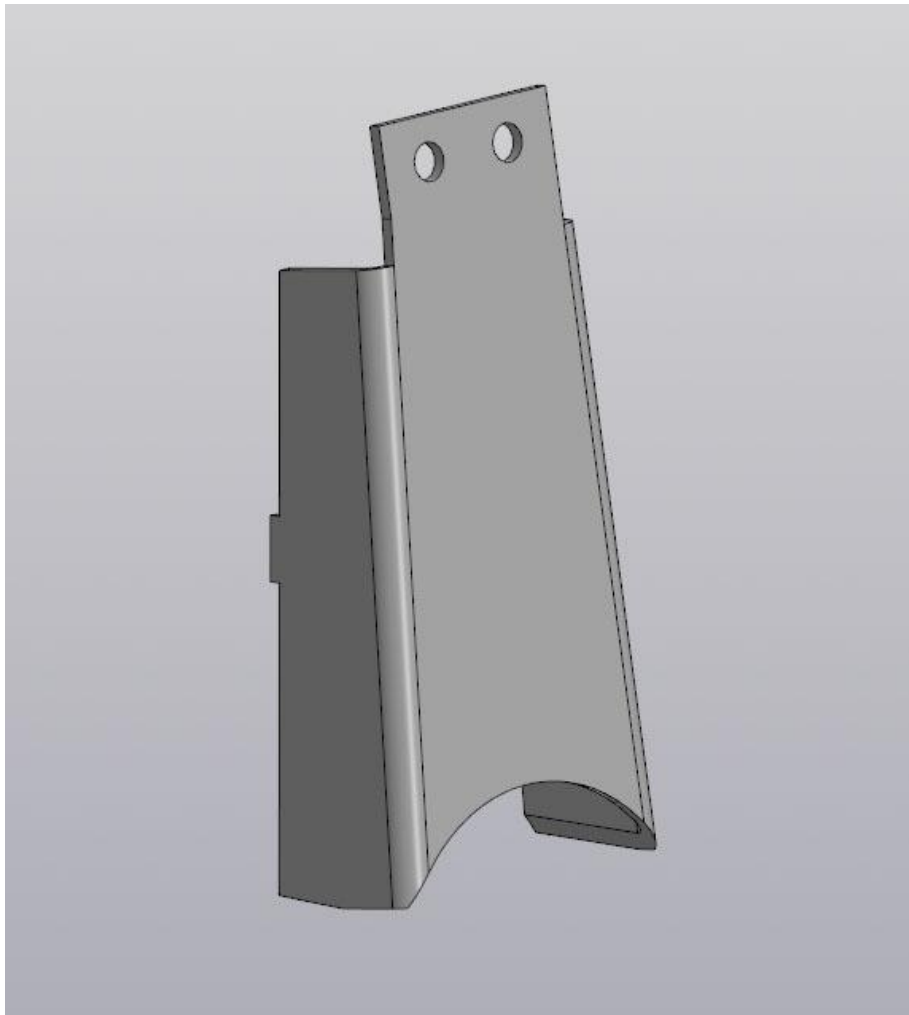


Рисунок 1.3- Элемент кулака

Таким же образом был сделан нижний луч 3, который соединял гильзу ступицы с нижним рычагом

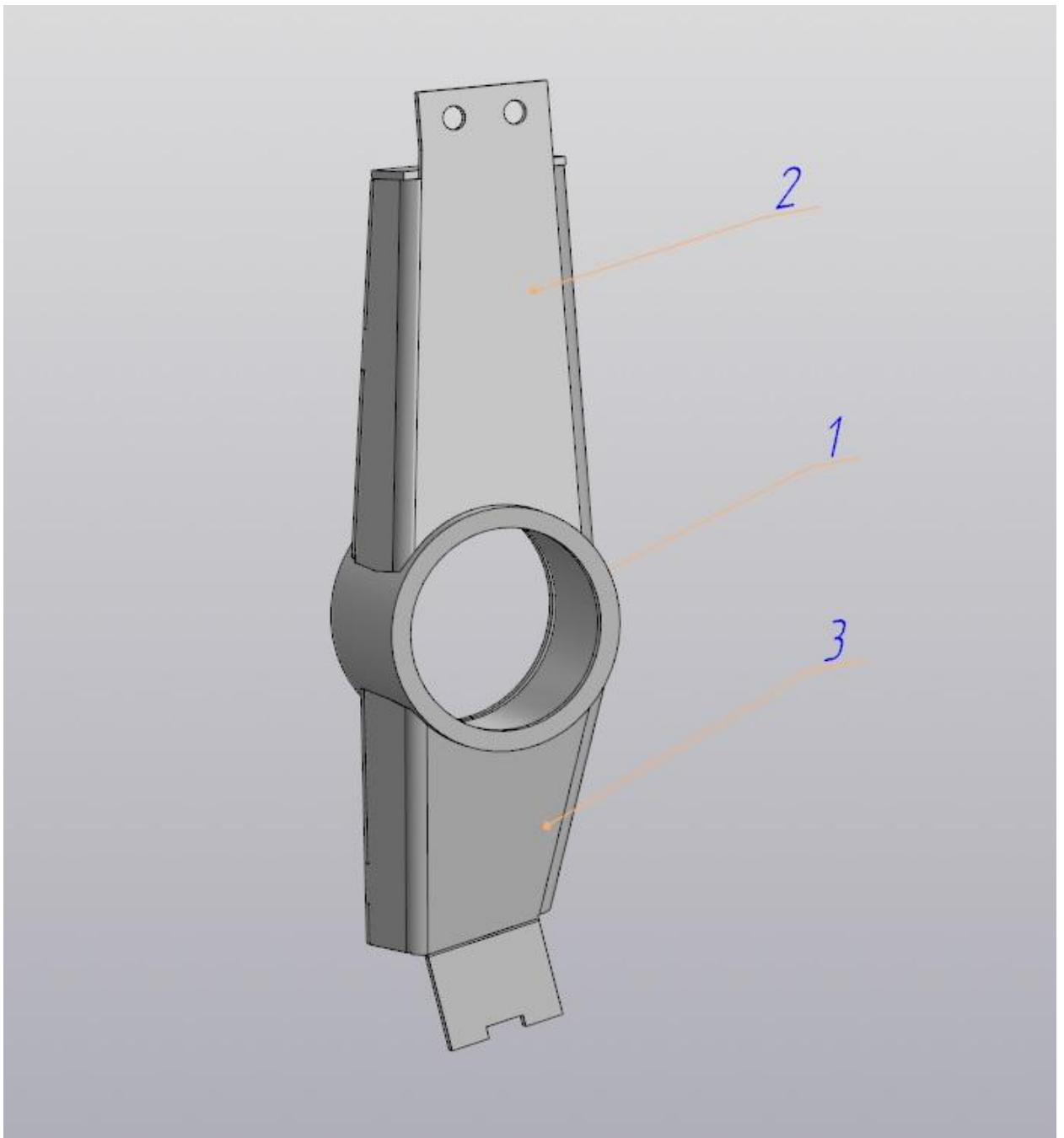


Рисунок 1.4 - Верхний и нижний луч

Таким образом, была разработана основная часть, соединяющая гильзу(1) и рычаги подвески по средствам лучей (2 и3) Следующим этапом нужно было разработать рулевую сошку, которая соединяла рулевую тягу и рейку, которая в свою очередь управлялась рулевым колесом. Что бы максимально сэкономить вес, этот узел нужно было завязать на нижний луч, таким образом, что бы сошка разделяла нагрузку с лучом.

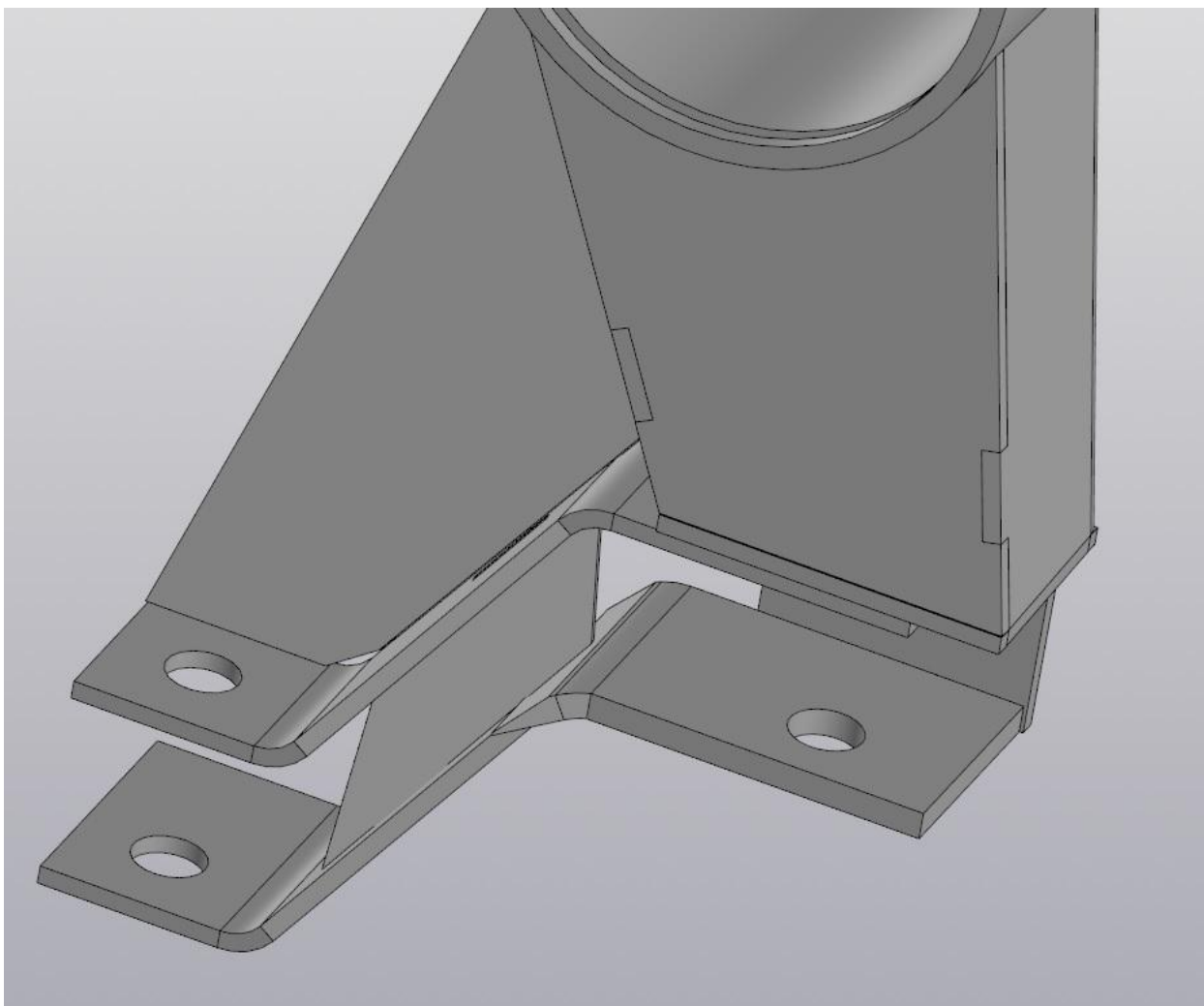


Рисунок 1.5- Конструкция сошки

Такая конструкция позволяет завязать крепление на нижнем ухе, которое соединяет кулак с нижним рычагом. Следующим шагом необходимо разработать крепление суппорта, тормозной системы болида. Для этого под уши суппорта устанавливаются бобышки, которые формируют плоскость, к которой суппорт прижимается болтами. Бобышки укрепляются распорными пластинами, которые привариваются к корпусу кулака.

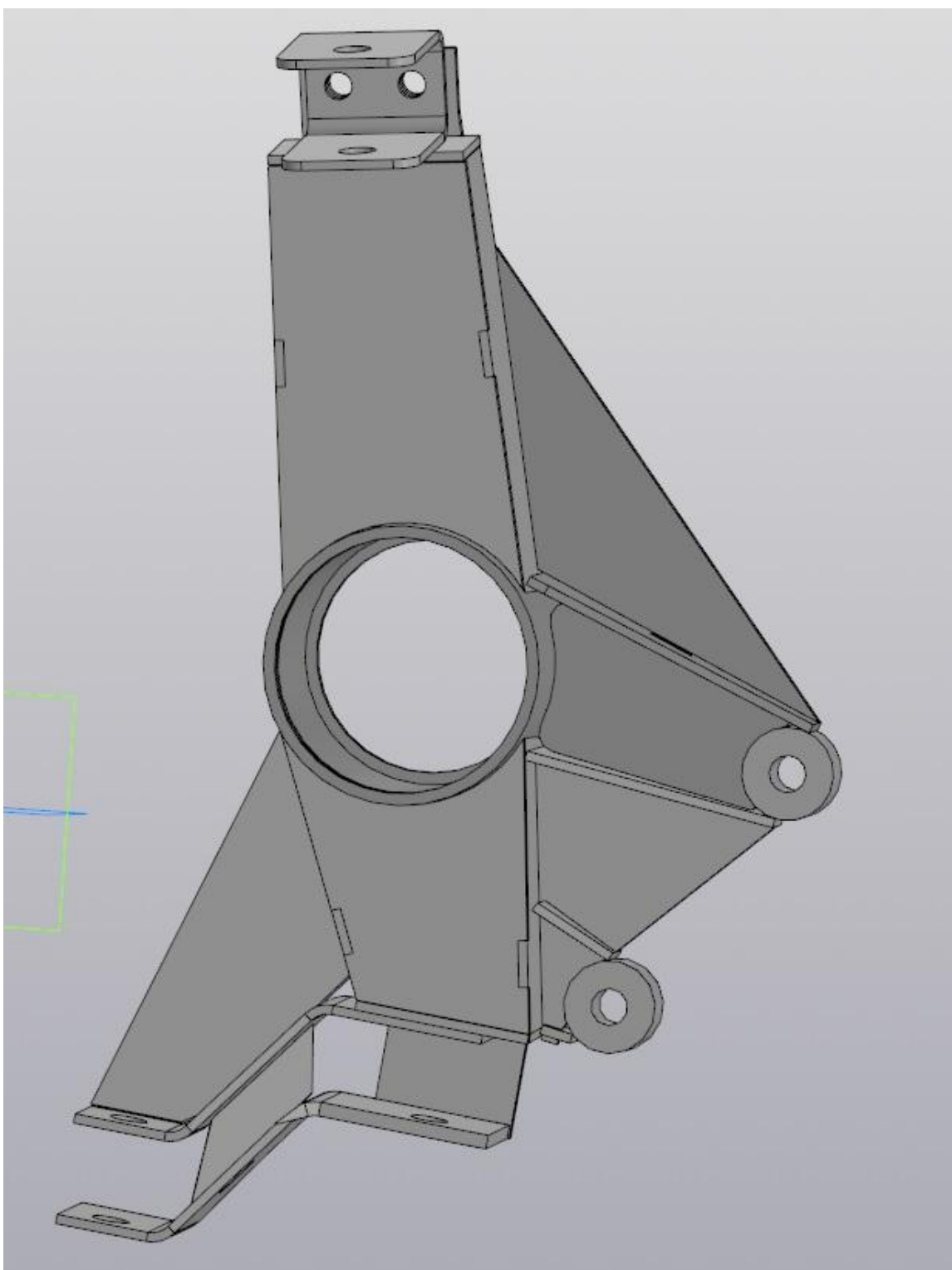


Рисунок 1.6- Конструкция крепления суппорта

Таким образом мы спроектировали поворотный кулак, который отвечает всем требованиям, а также соответствует геометрическим ограничениям, наложенными точками рычагов и рулевой тяги. Вес конструкции составляет 980г.

2 Оптимизация конструкции переднего кулака

2.1 Способы облегчения кулака

Для достижения максимальной эффективности на трассе необходимо как можно более соответствовать необходимым параметрам спортивного автомобиля. В первую очередь это минимальный вес всех узлов и агрегатов. С другой стороны все агрегаты должны обладать необходимым запасом прочности, что достигается, в том числе увеличением габаритов детали. В результате нужно получить оптимальный компромисс между этими ограничениями. В нашем случае кулак играет очень важную роль, ведь на каждый кулак приходится около четверти веса автомобиля, а в поворотах этот вес очень сильно возрастает. [9] Поэтому прочность и долговечность этой детали имеет очень большое значение на протяжении всей гонки. Также кулак является неподрессоренной массой, и чем больше ее масса, тем хуже будет управляемость болида класса формула студент. Также это негативно повлияет на ускорение автомобиля. Расчетная масса автомобиля 235 килограмм. Распределение массы происходит таким образом, что на передние колеса приходится по 50 килограмм. Таким образом, в состоянии покоя на ступицы оказывается воздействие 500Н. Также при передвижении со скоростью 60 км/ч на ступицу будет оказываться динамическая нагрузка силой 1000Н. Исходя из этого кулак должна выдерживать заданные параметры и иметь запас прочности. Кулаки изготавливаются из стали 08пс. Сталь имеет твердость 131 МПа и предел текучести 200 МПа.

2.2 Разарботка перфорирующих отверстий

В связи с выше перечислимыми условиями была поставлена задача облегчить кулак с сохранением заложенной прочности. Для этого модно было изменить выбор материал в пользу алюминия, но тогда пришлось переделывать конструкцию под совсем другой техпроцесс, а цена готового

изделия была бы слишком велика. Поэтому мы решили использовать перфорацию в стальных пластинах.

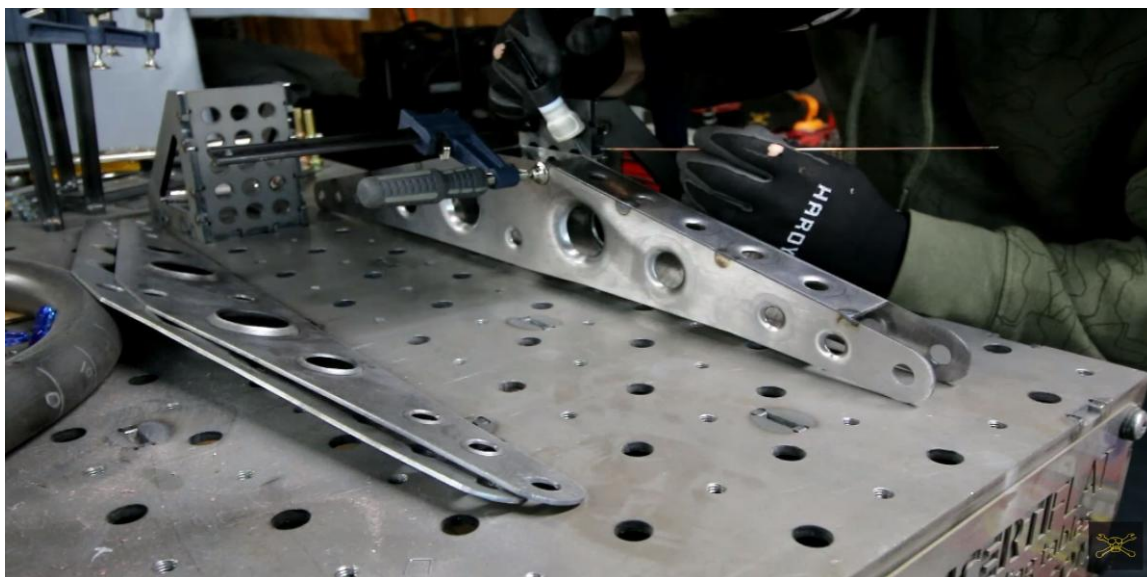


Рисунок 2.1 Пример облегчения деталей с помощью перфорации

В нашем случае мы решили использовать иную форму перфорации, и расположить ее наиболее рациональным образом.

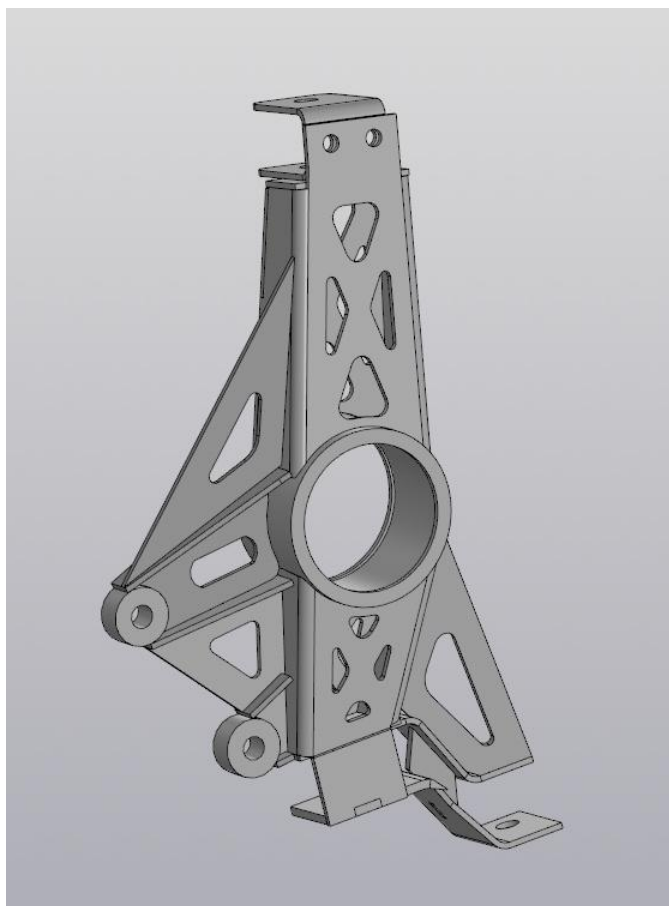


Рисунок 2.2- Перфорация поворотного кулака

Как видно на изображении 2.2 облегчению подверглись почти все детали кулака. Материал убирался из центра деталей, потому что там он не играет ни какой упрочняющей роли. На лучах был выбран крестообразный рисунок, что бы сталь работала в диагональных направлениях. Распорки же были облегчены вырезанием окон, потому что нагрузка приходится в основном на края распорок.

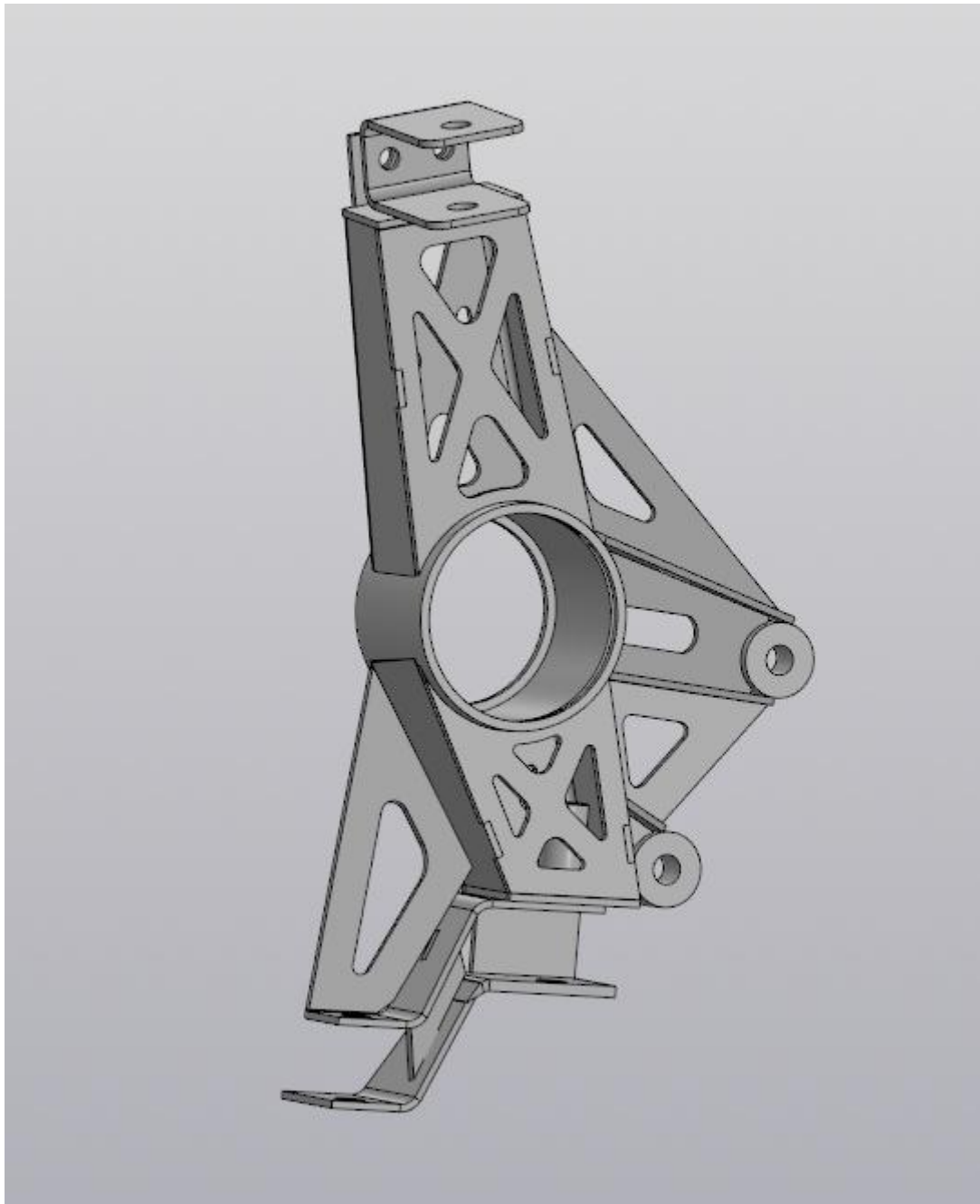


Рисунок 2.3- Перфорация с другой стороны

В результате проделанной работы по облегчению нам удалось снизить вес с 980г до 876г. Это казалось бы, не большая разница оказывает сильное влияние на поведение автомобиля на трассе соревнований. Также сэкономленные граммы положительно скажутся на результате статических испытаний в виде более больших баллов.

3 Анализ стендов для прочностных испытаний подвески болида

Во время проектировки поворотного кулака происходит моделирование нагрузки с помощью 3DCAD систем. В результате получается визуализация изменений конструкции под нагрузкой. [13] Для того что бы удостоверится в правильности расчетов мы решили спроектировать стенд для нагрузок кулака. Этот стенд позволит нам сравнить показатели.

Для того что бы создать оптимальную конструкцию мы решил проанализировать существующие стенды и на основе их плюсов и минусов спроектировать свой стенд. Нагрузочные стенды существуют трех видов: ударные, циклические и плавнопеременные. Рассмотрим некоторые из них.



Рисунок 3.1 - Стенд СППГ

Стенд для проверки прочности и герметичности СППГ. Конструктивно стенд представляет собой раму с боковых сторон закрытую металлическими листами. С передней и задней стороны стенда имеются защитные створки, обеспечивающие возможность установки проверяемого прибора в стенд.

Расположение защитных створок с двух сторон стенда обеспечивает наилучший доступ к проверяемому изделию при визуальном поиске мест негерметичности методом обмыливания.

На лицевой стороне располагаются органы управления работой стенда и средства измерения. На раме так же установлена: система поджатия, обеспечивающая создание необходимого давления на специальные заглушки с уплотнительными прокладками, для герметизации рабочей камеры проверяемого изделия; пневмосистема, обеспечивающая создание необходимого избыточного давления воздуха в рабочей камере проверяемого изделия. Определение прочности и герметичности проверяемого изделия осуществляется манометрическим методом.

Технические характеристики:

Питание стенда осуществляется:

сжатым воздухом давлением от 5,0 до 6,0 МПа;

от сети напряжением от 198 до 253 В переменного тока с частотой 50 ± 1 Гц.

Потребляемая мощность не более 100 Вт.

Режим работы - длительный.

Непрерывная работа может осуществляться в течении 24 часов в сутки.

Длительность испытаний на прочность или герметичность - не более 15 минут. Проверяемые изделия должны иметь фланцевый тип присоединения.

Размер фланцев по ГОСТ 12815-80 исполнение 1 условное давление 1,6 МПа.

Диаметры условных проходов проверяемых изделий: Ду 50, 80, 100, 150 мм.

Объем камеры изделия, заполняемый сжатым воздухом - не более 7,9 литра.

Давление сжатого воздуха при проверке на прочность и герметичность - не более 2,4 МПа.[18] Зажим проверяемого изделия производится при помощи гидравлического домкрата с ручной подкачкой и визуальным контролем усилия зажатия. Максимально допустимое усилие зажатия - 80000 Н.



Рисунок 3.2 - Стенд TS-AST-1118

Ударный стенд свободного падения Theseus SCI TS-AST-1118. В основном, данный ударный испытательный стенд используется для выполнения испытаний на удар малогабаритных устройств и предназначен для определения стойкости оборудования к нанесению повреждений при ударной нагрузке. Часто используется для испытаний электронных компонентов, электронных монтажных плат, а также для выполнения некоторых других видов испытаний

Характерные особенности:

- Наличие встроенного защитного устройства, без вторичной нагрузки
- Цифровой контроль высоты подъёма груза
- Высокая воспроизводимость испытательных данных
- Генератор сигналов способен создавать разнообразные виды сигналов: полусинусоидальный импульс, трапецеидальный импульс, зубчатый импульс, сигнал прямоугольной волны и т.д. и т.п.

Качественно хорошие виброизоляционные характеристики, уровень виброшумов можно отрегулировать в соответствии с нормативами санитарных требований. Высокая величина надёжности оборудования.

Соответствует требованиям стандартов: IEC, MIL, GJB, JIS, ASTM, а также некоторых других международных стандартов по ударным нагрузкам.



Рисунок 3.3 - Пресс AE&T T61220F 20т

Пресс AE&T T61220F 20т с ножной педалью. Гидравлический пресс – это устройство, которое позволяет применить небольшое усилие в одной точке и значительно увеличить его в другой. Работает оно на основе жидкости – воды, масла или другой подходящей субстанции. Применяется на заводах для обработки с помощью давления материалов, сложно поддающихся изменению.

Классический пресс на гидравлике состоит из трех основных элементов: движущейся части (гидроагрегат), передаточной жидкости и гидроцилиндра, исполняющего необходимое действие. [19] В зависимости от особенностей конкретных моделей, они могут представлять собой ручные гидравлические прессы или работать на электрике.

Самая простая модель состоит из двух цилиндров, которые сообщаются между собой по трубе или другим способом. Внутри них – масло или вода, вместо крышек – поршни. Цилиндры при этом разного размера.

Работа агрегата обеспечивается на основе закона Паскаля. Он гласит, что применение давления в одной точке жидкости без изменения передается в любую другую. Это значит, что если нажать на меньший поршень, второй также будет испытывать давление. Причем оно будет в несколько раз больше, чем изначально приложенное. Так машина позволяет увеличить приложенную силу за счет законов физики.

Усилие 20 тонн

Ход штока цилиндра 185 мм

Рабочий диапазон 1002 мм

Ширина рабочей зоны 542 мм

Вес нетто/брутто 94.5/96.35

4 Разработка конструкции стенда

4.1 Технические требования

Во время прохождения демонических дисциплин, соревнований формула студент на подвеску оказываются большие нагрузки. По этому, для успешного завершения заездов, элементы подвески должны обладать достаточным запасом прочности, в том числе и кулаки. Для того что бы создать оптимальную конструкцию, которая будет обладать минимальным весом и необходимым запасом прочности используется прочностной анализ. Но этот метод имеет ряд минусов, таких как: погрешность расчета, неточность задаваемых значений, зазоры в сопрягаемых деталях модели, искажают результат. Для того что бы избежать этого мы решили разработать оснастку для прессы, с максимальным усилием 15 т. Во первых такое решение очень дешево по сравнению с промышленными образцами, рассмотренными выше. Во вторых такое решение в будущем позволит адаптировать оснастку под другие детали.

Пресс должен обладать следующими параметрами:

- гидравлический
- стационарный
- с ручным приводом гидроцилиндра
- максимальное усилие 15т

4.2 Разработка нагрузочного стенда

Выбрав отвечающую нашим требованиям базу в виде прессы, мы приступили к разработке оснастки для размещения кулака и надежной фиксации его.

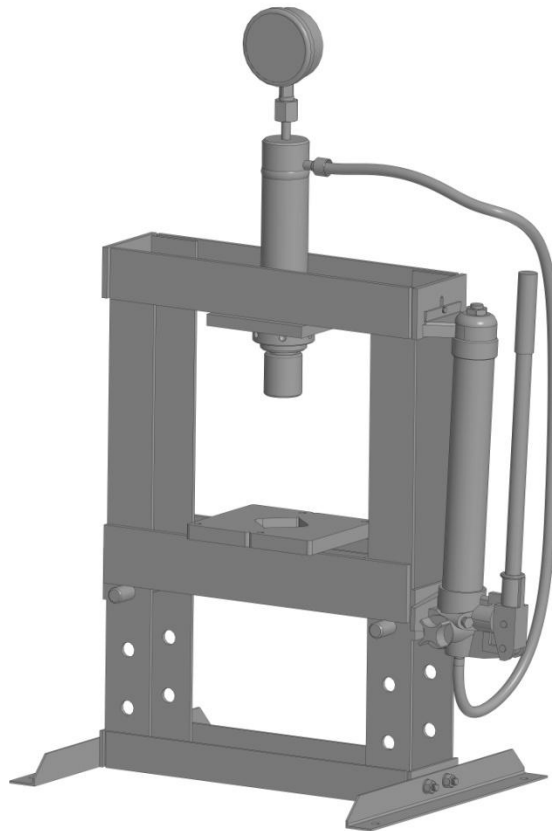


Рисунок 4.1- модель гидравлического преса

Для проектировки оснастки мы будем использовать среду разработки Компас 3D. Далее необходимо разместить и закрепить поворотный кулак на подиуме преса. При этом нужно учесть возникающие нагрузки при испытании детали, и сделать крепление надлежащей прочности. Также необходимо сделать возможность смены положения кулака для всесторонней его нагрузки. В результате этой работы мы спроектировали прочную ферму, которая крепится на станине преса.

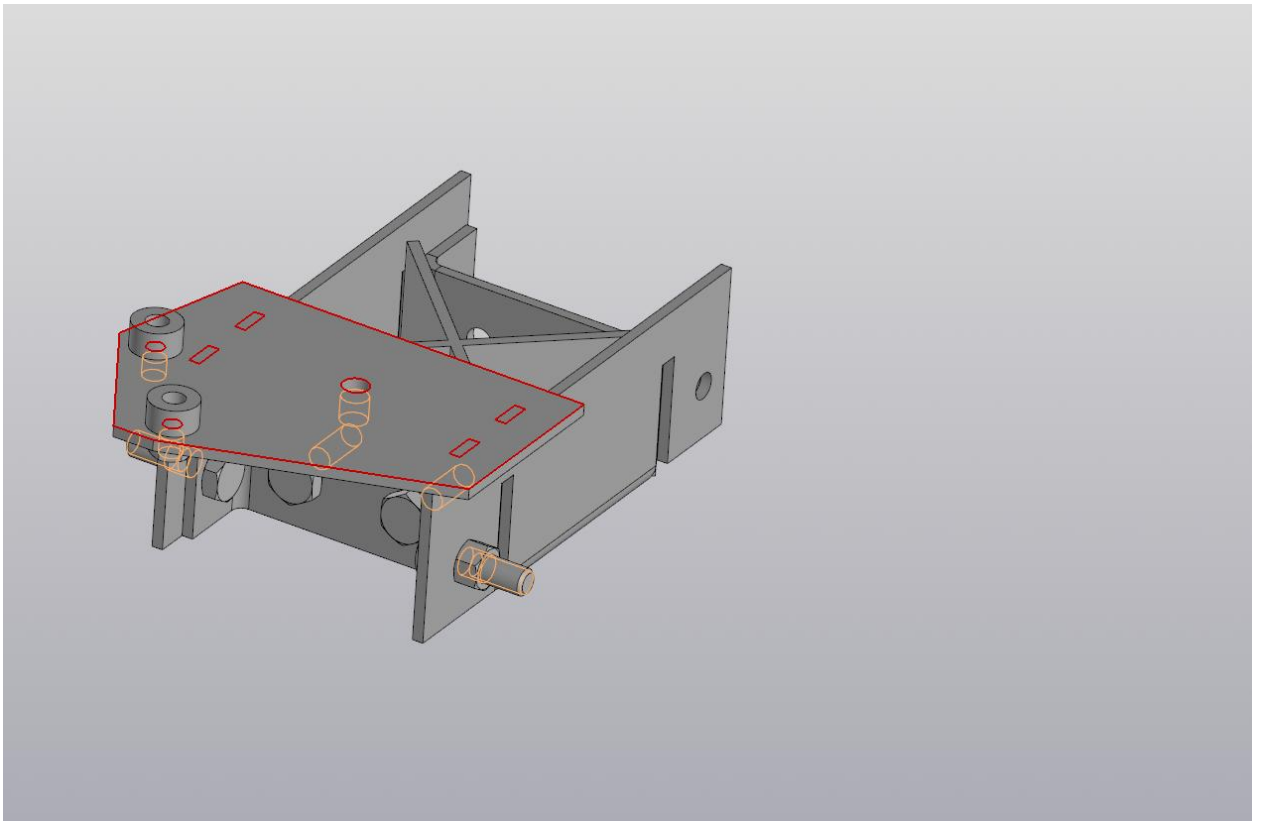


Рисунок 4.2 - Оснастка для позиционирования кулака на прессе.

Далее на оснастку помещается кулак и жестко фиксируется. Для того, что бы кулак не проворачивался вокруг оси обоймы, предусмотрены дополнительные фиксирующие болты 2 и 3. После устоновки и крепления лака, конструкция имеет вид (рис.4.3)

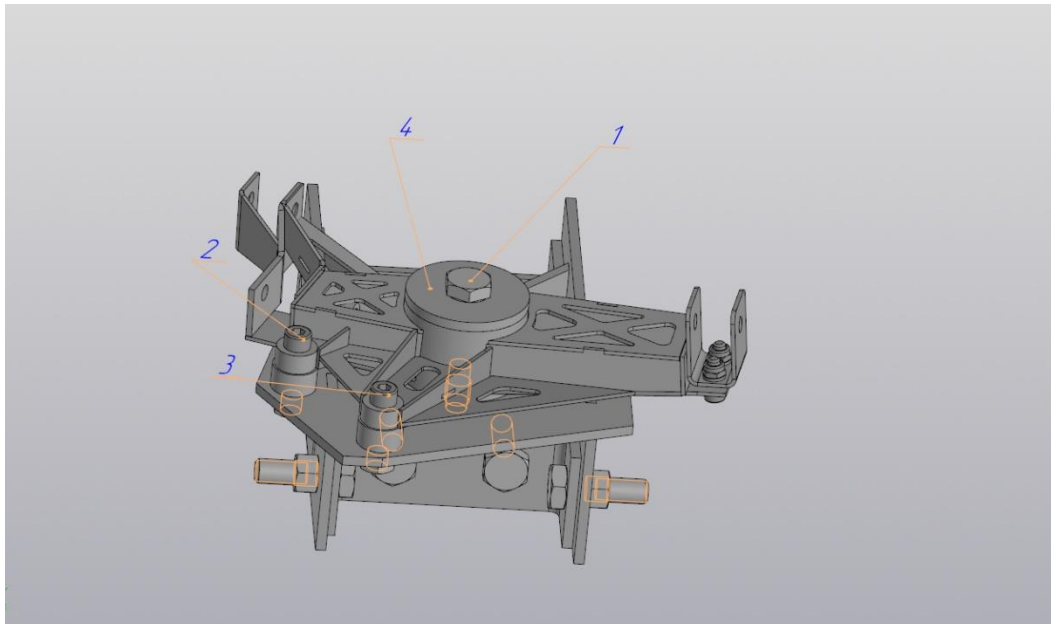


Рисунок 4.3 - Фиксация кулака на оснастке

Затем вся конструкция устанавливается на пресс и фиксируется болтами 7 и 8. После этого можно проводить испытание рулевой сошки. Создав нагрузку по перемещению давящего поршня 6 можно отследить отклонение сошки от нормального положения, а на монOMETре смотреть текущую нагрузку. Нагрузка передается с помощью оправки 5.

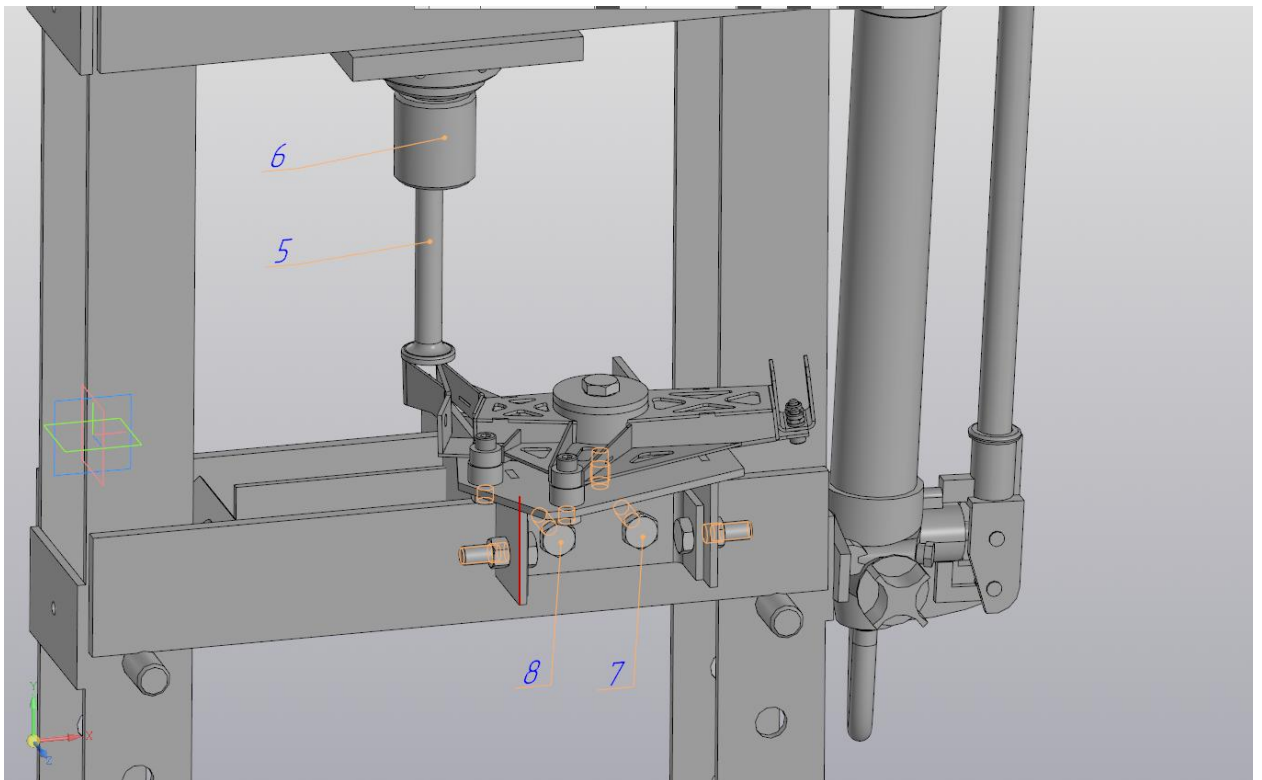


Рисунок 4.4- Установка в сборе

5 Безопасность и экологичность работы

Производство компонентов подвески автомобиля сопряжено с опасностью для изготовителя, поэтому весь процесс регламентируется положением по охране труда, который обеспечивает безопасность на рабочем месте. «Разработка документации ведется с оглядкой на зарубежный опыт в машиностроении, а также на свежие нормативные документы РФ. Каждый работник ознакамливается с инструкциями и систематически проходит семинары по повышению квалификации, что является главными факторами для создания безопасных условий труда на производстве»

В нашем предприятии для производства поворотных кулаков необходимы сварщик, сборщик и слесарь, их рабочая деятельность и будет рассматриваться с точки зрения безопасности.

Таблица 5.1 – Идентификация ОВПФ сварщика

Наим-ие профессии	Виды выполняемых работ	Перечень оборудования, инструмент	ОВПФ
1	2	3	4
Сварщик	Сварка встык Прихватывание	Сварочная оснастка, источник сварочного тока, пинцы, ручной инструмент.	<u>Физические</u> :- механизмы, изделия. Острые кромки;- повышенная запыленность и загазованность;- высокая температура. Ультрафиолетовое и инфракрасное излучение, излишняя яркость сварочной дуги.

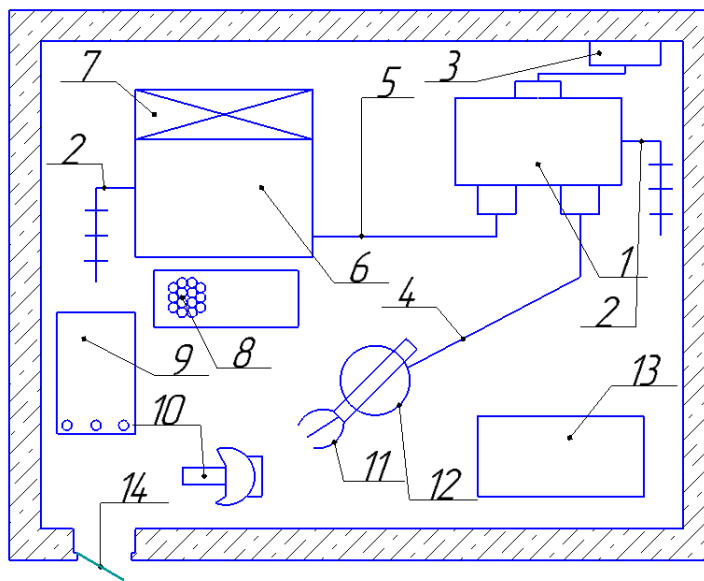
Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4
			поверхностей;- повышенный уровень шума;- воздействие электрического тока;- искры, брызги расплавленного металла;- физические перегрузки. Воздействие переменных полей и ионизирующих излучений.
			<u>Химические</u> :- сварочные и другие аэрозоли, газы

Локальными нормативными актами для данного рабочего были определены следующие требования по технике безопасности:

- необходимо подготовиться и произвести сборку перед сварочными операциям;
- проверка работоспособности и настройка рабочего оборудования происходит перед работы началом;
- прохождение инструктажей и аттестация по соблюдению требований пожарной безопасности;
- систематическая проверка знаний по технике безопасности и охране труда;
- регулярная проверка здоровья и медицинские осмотры;
- соблюдения правил внутреннего распорядка предприятия;
 - соблюдать пожарную безопасность и правила охраны труда на рабочем месте

Организация рабочего места сварщика представлена на рисунке 5.1:



1 – сварочного тока источник; 2- заземление; 3 - пускатель источника питания; 4 и 5 -прямой и обратный токопроводящие провода; 6 - стол; 7 - вентиляция; 8 - коврик; 9 - электроды; 10 - щиток; 11 - электродержатель; 12 - стул; 13 - ящик для отходов; 14 - дверной проем

Рисунок 5.1 – Организация рабочего места сварщика

К основным задачам сварщика относятся:

- производить сварку конструкций из любых материалов, которые обладают необходимыми свойствами;
- выполнять прихватки деталей;
- ликвидировать дефекты по средствам зачистки;
- резать простые детали с помощью дуговой сварки;
- Осуществлять контроль качества сварочного шва и его проникание в материал после сварки, специальными инструментами;

Сборщик

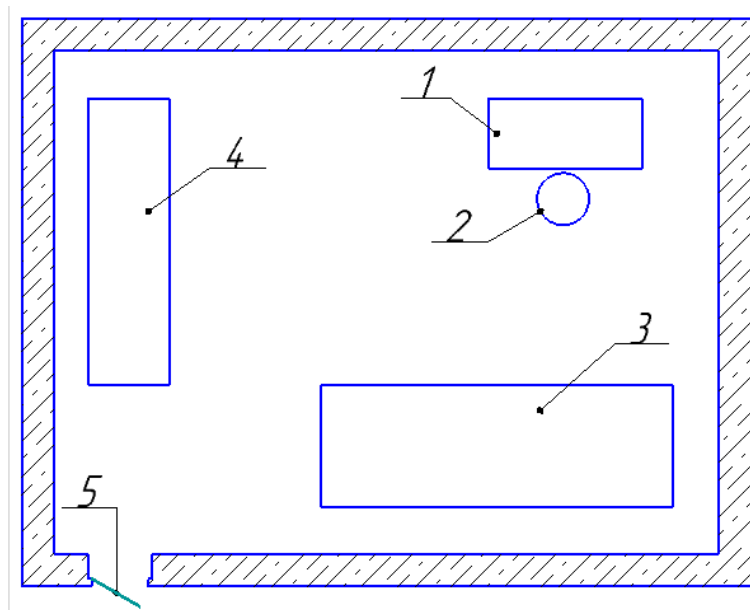
Таблица 5.2– Идентификация ОВПФ сборщика

Наим-ие профессии	Виды выполняемых работ	Перечень оборудования, инструмент	ОВПФ
Сборщик	Сборка конструкции относительно чертежей и моделей	- верстак- ручной инструмент (зубило, молоток), - измерительные инструменты (линейка, рулетка, треугольник).	<u>Физические:</u> - движущие машины, механизмы, изделия, части разрушившегося изделия, конструкции. Острые кромки;- повышенный уровень шума;- физические перегрузки

На данного рабочего распространяются такие требования по техники безопасности, как :

- прохождение инструктажей и аттестация по соблюдению требований пожарной безопасности;
- систематическая проверка знаний по технике безопасности и охране труда;
- регулярная проверка здоровья и медицинские осмотры;
- обязательно соблюдения правил внутреннего распорядка предприятия;
- соблюдение правил эксплуатации оборудования;
- соблюдения правил внутреннего распорядка предприятия;

Организация рабочего места сборщика представлена на рисунке 5.2



1 - рабочий стол; 2- стул; 3 - верстак; 4 - шкаф для инструментов; 5 - дверной проем.

Рисунок 5.2 – Организация рабочего места сборщика

К основным задачам сборщика относятся:

- монтаж деталей или узлов конструкции в стапеле согласно рабочему чертежу или модели;
- контроль точности размещения деталей с ориентиром на чертежи и измерительные инструменты;
- разметка или написание примечаний по дальнейшей работе с данной конструкцией (например, для сварщика).

Таблица 5.3– Идентификация ОВПФ слесаря

Наим-ие профессии	Виды выполняемых работ	Перечень оборудования, инструмент	ОВПФ
1	2	3	4
Слесарь	Резка и заторцовка труб согласно	- верстак- ручной инструмент (зубило, молоток),	<u>Физические</u> :- движущие машины, механизмы, изделия, части

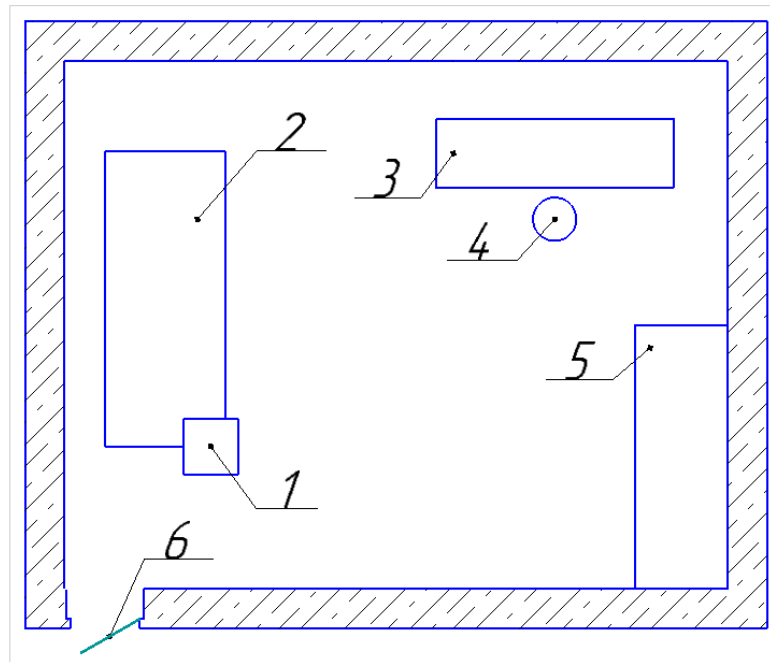
Продолжение таблицы 5.3

1	2	3	4
	эскизу	- слесарные тиски-измерительные инструменты (линейка, рулетка, треугольник).	разрушившегося изделия, конструкции. Острые кромки; - повышенный уровень шума;
			- физические перегрузки; - локальная вибрация.

Локальными нормативными актами для данного рабочего места были определены следующие требования по технике безопасности:

- регулярная аттестация на знания пожарной безопасности и охраны труда;
- необходимость прохождения медицинских осмотров;
- обязательно соблюдения правил внутреннего распорядка предприятия;
- докладывать вышестоящему руководству о неисправностях и прекращать работу при их обнаружении;
- использовать специальное снаряжение во время работы;
- проверка исправности всего опорного и фиксирующего оборудования перед началом работы.

Организация рабочего места слесаря-резчика представлена на рисунке 5.3:



1 - слесарные тиски; 2- верстак; 3 - рабочий стол; 4 - стул; 5 - шкаф для инструментов; 6 - дверной проем.

Рисунок 5.3 – Организация рабочего места сварщика

К основным задачам слесаря-резчика относятся:

- контурная обработка листового металла;
- раскрой металла любой марки;
- торцевание под разными углами всевозможного проката
- соблюдение заданных размеров при обработке и их контроль после.;
- совершать настройку и операции на высоко точном оборудовании.

6 Экономическая эффективность

6.1 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 так же позволяет произвести сравнение одних и тех же узлов у разных команд.

6.2 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 кулака из цельной алюминиевой плиты с помощью чпу фрезеровочного станка и вариант изготовления сварной стальной конструкции с деталями, раскроеными на станке лазерной резки. [23] Первый из приведенных способов будет дороже поскольку деталь получается геометрически очень сложной, по этому станок затратит большое количество времени на обработку. Следовательно, и цена обработки будет очень большая. В случае же сварной конструкции изготовление заготовок на лазерном станке происходит очень быстро, а работа сварщика стоит дешевле, чем работа станка, и не занимает столько времени. С другой стороны, производства кулака из алюминия позволит сэкономить вес, а технологичность производства обеспечит высокую точность и качество изготовления детали. Исходя из этого, нами был выбран второй вариант изготовления сварного кулака из стали.

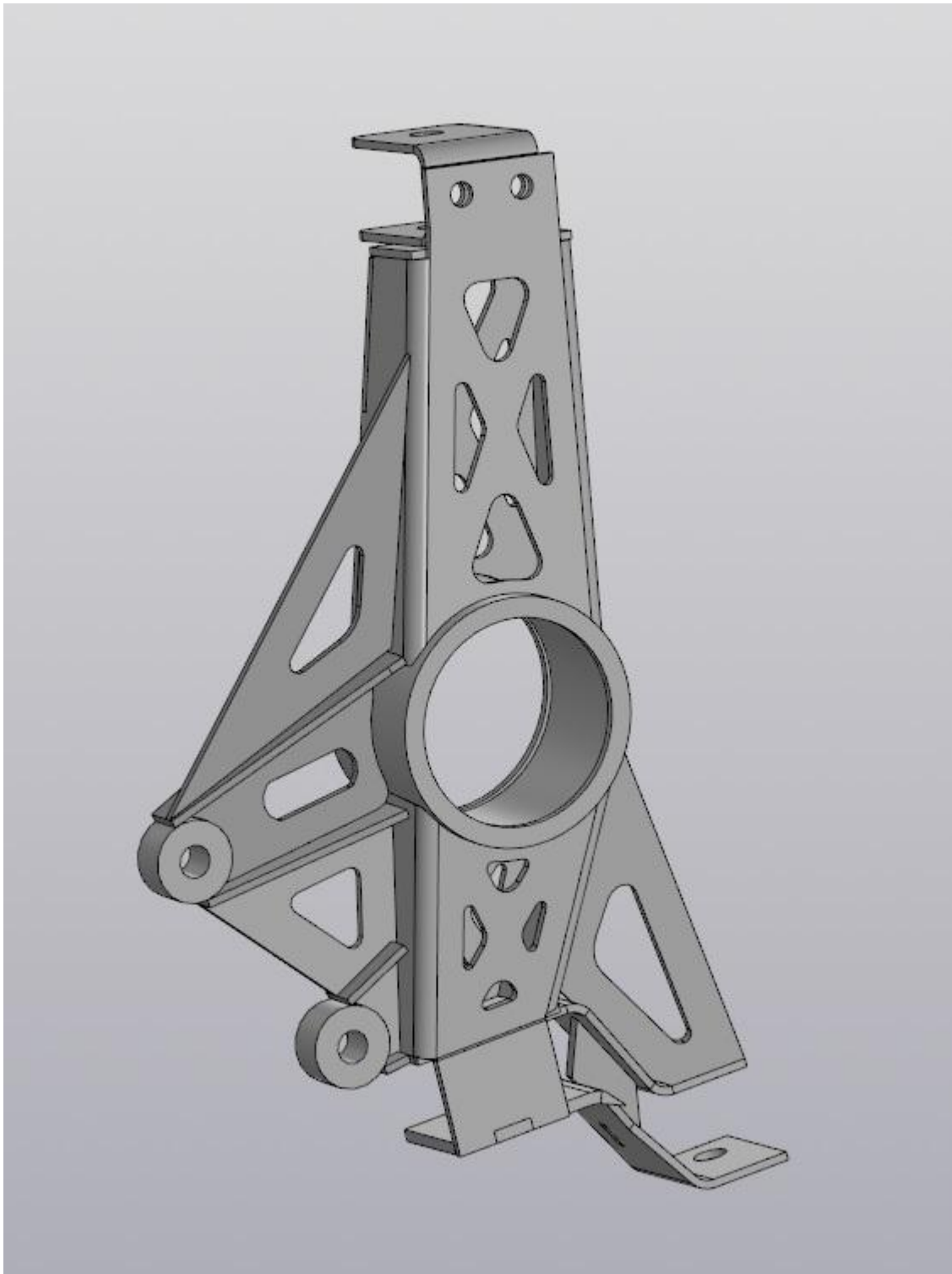


Рисунок 6.1- Модель кулака

6.3 Расчет стоимости операций по производству кулака

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

Организаторы соревнований предоставляют список цена на те или иные операции по производству деталей болида, а также стоимость материалов. Единая форма предоставляется единая форма для заполнения отчета о стоимости. Так как официальный язык соревнований английский, то соответственно вся отправляемая и предлагаемая организаторам информация на английском языке. Также по этой причине все цены приведены в долларах [25]

Сначала заполняется таблица, в которой указывается количество и размер заготовок, из которых будут изготавливаться детали.

ItemOrder	Material	Use	UnitCost	Size1	Unit1	Size2	Unit2	Area Nam	Area	Length	Density	Quantity	Sub Total
10	Steel, Mild	for housing	\$ 2,25	1,104	kg			plate 2 mm			7,85E-06	1,00E+00	\$ 2,48
20	Steel, Mild	sleeve 20 r	\$ 2,25	0,049	kg						7,85E-06	1,00E+00	\$ 0,11
30	Steel tube	Bearing hc	\$ 2,25	64	mm	8	mm		1 407	37,50	7,85E-06	1,00E+00	\$ 0,93
40	Aluminum	sleeve 25n	\$ 4,20	0,064	kg							1,00E+00	\$ 0,27
50	Bearings	Install in K	\$ 11,60								7,85E-06	2,00E+00	\$ 23,20
60	Steel, Mild	sleeve 24 r	\$ 2,25	0,049	kg						7,85E-06	1,00E+00	\$ 0,11
70	Steel, Mild	3mm plate	\$ 2,25	0,078	kg			plate 3 mm			7,85E-06	1,00E+00	\$ 0,18
80	Steel, Mild	4mm plate	\$ 2,25	0,103	kg			plate 4 mm			7,85E-06	1,00E+00	\$ 0,23
90	Steel, Mild	0,5mm reg	\$ 2,25	0,002	kg			plate 4 mm			7,85E-06	1,00E+00	\$ 0,00
100	Steel, Mild	1mm regu	\$ 2,25	0,004	kg			plate 4 mm			7,85E-06	1,00E+00	\$ 0,01
110	Steel, Mild	1,5mm reg	\$ 2,25	0,006	kg			plate 4 mm			7,85E-06	1,00E+00	\$ 0,01
120	Steel, Mild	2mm regu	\$ 2,25	0,008	kg			plate 4 mm			7,85E-06	1,00E+00	\$ 0,02
130	Steel, Mild	hard bar p	\$ 2,25	0,006	kg			plate 4 mm			7,85E-06	1,00E+00	\$ 0,01
140	Steel, Mild	hard bar a	\$ 2,25	0,008	kg			24x24x3 mm		210mm	7,85E-06	1,00E+00	\$ 0,02
												Sub Total	\$ 27,59

Рисунок 6.1 - Стоимость сырья

Расчет основных материалов за вычетом отходов:

$$M = M_3 \cdot C_{MAT} \cdot K_{ТЗ} - M_{ОТХ} \cdot C_{ОТХ}$$

Где M_3 - масса заготовки

C_{MAT} - цена 1кг материала заготовки

$K_{ТЗ}$ - коэффициент транспортно-заготовительных расходов

$M_{ОТХ}$ - вес отходов в стружку

$C_{ОТХ}$ - цена 1кг отходов

Далее следует рассчитать стоимость обработку заготовок и сборку деталей и также занести расчеты в таблицу

ItemOrde	Process	Use	UnitCost	Unit	Quantity	Multiplier	Mult. Val.	Sub Total
10	Machining	Set up plat	\$ 1,30	unit	1			\$ 1,30
20	Laser cut	Cut the for	\$ 0,01	cm	549,1	Steel	3	\$ 16,47
30	Sheet met	sheet bend	\$ 0,25	bend	10			\$ 2,50
40	Saw or tut	sleeve 20r	\$ 0,40	cm	2	Steel	3	\$ 2,40
50	Machining	Set up bar	\$ 1,30	unit	1	repeat x2	2	\$ 2,60
60	Drilled hol	in a sleeve	\$ 0,35	hole	1	repeat x2	2	\$ 0,70
70	Machining	Set up hou	\$ 1,30	unit	1			\$ 1,30
80	Machining	Set up hou	\$ 0,65	unit	1			\$ 0,65
90	Machining	Machining	\$0,04	cm^3	14,814	steel	3	\$1,78
100	Machining	Set up alur	\$1,30	unit	1			\$1,30
110	Machining	Machinig a	\$0,04	cm3	6,482	aluminum	1	\$0,26
120	Machining	Set up for	\$ 1,30	unit	1			\$ 1,30
130	Drilled hol	in aluminu	\$ 0,35	hole	1			\$ 0,35
140	Weld		\$ 0,15	cm	180,5			\$ 27,08
150	Assemble,	Pressing b	\$ 0,19	unit	2		1	\$ 0,38
160	Assemble,	Pressing R	\$ 0,19	unit	1		1	\$ 0,19
170	Drilled hol	in sleeve 2	\$ 0,35	hole	1		1	\$ 0,35
180	Threading	in sleeve 2	\$ 0,10	cm	2,4		1	\$ 0,24
190	Weld	sleeve 24 r	\$ 0,15	cm	3,8		1	\$ 0,57
200	Machining	Set up 3m	\$ 1,30	unit	1		1	\$ 1,30
210	Laser cut	Cut the for	\$ 0,01	cm	53,4	steel	3	\$ 1,60
220	Machining	Set up 4m	\$ 1,30	unit	1		1	\$ 1,30
230	Laser cut	Cut the for	\$ 0,01	cm	53,4	steel	3	\$ 1,60
240	Assemble,	Pressing d	\$ 0,19	unit	4		1	\$ 0,76
250	Machining	Set up 0,5	\$ 1,30	unit	1	repeat x4	4	\$ 5,20
260	Laser cut	Cut the for	\$ 0,01	cm	50,8	steel	3	\$ 1,52
270	Sheet Met	cut hard b	\$ 0,20	cm	15,2		1	\$ 3,04
280	Weld	welding ha	\$ 0,15	cm	17,2			\$ 2,58
							Sub Total	\$ 80,62

Рисунок 6.2- Стоимость производства одного поворотного кулака

Стоимость изготовления состоит из разных процессов механической обработки, как токарная и фрезерная обработка, лазерная резка, сварка. Для ее расчета используются цены на производство, данные организаторами соревнований.

Таки образом мы получаем стоимость производства одного кулака и умножаем ее на два, поскольку в болиде задействовано пара рулевых кулаков.

Car #	93	Part Cost	\$108,21
		Qty	2
FileLink1			
FileLink2		Extended	\$226,54

Рисунок 6.2 - Итоговая таблица цены производства двух кулаков подвески болида

Этот показатель является очень бюджетным по сравнению с западными командами, стоимость кулаков которых может доходить до 1000\$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В этой работе мы разработали модель поворотного кулака болида класса «Формула Студент». Была проведена работа по оптимизации его веса, что благоприятно сказалось на эффективности всего узла. Также был произведен расчет стоимости производства детали, а также выработан план по осуществлению безопасного изготовления кулака.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Регламент международных соревнований 2015 Formula SAE® Rules
2. Graham Bell Performance Tuning in Theory and Practice Four Strokes. М.:Haynes Publishing Group, 1981. 252 с.
3. DALHOUSIE FORMULA SAE[электронный ресурс]: URL: <https://blogs.dal.ca/formulaSAE/2013/06/12/sureshot-dispensing-sponsors-dal-fsae-for-2013/> (дата обращения 07.05.2019)
4. Formula StudentOulu [электронный ресурс]: URL: <https://fsoulu.wordpress.com/> (дата обращения 07.05.2019)
5. TEAM HARE - UNIVERSITY OF HUDDERSFIELD'S FORMULA STUDENT CAR [электронный ресурс]: URL: <http://www.pistonheads.com/gassing/topic.asp?h=0&f=4> (дата обращения 07.05.2016)
6. SolidWorks[электронный ресурс]: URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/SolidWorks> (дата обращения 07.05.2016)
7. 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.
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. 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.
10. Основы технологии машиностроения [Электронный ресурс] : учебник / В. В. Клепиков [и др.]. – М. : ИНФРА-М, 2017. - 295 с.
11. Косов, Н.П. Технологическая оснастка: вопросы и ответы: Учебное пособие для вузов. / Н.П. Косов, А.Н. Исаев, А.Г. Схиртладзе. — Электрон.дан. — М. : Машиностроение, 2007. — 304 с

- 12.Технология машиностроения :учеб.пособие для вузов / под ред. М. Ф. Пашкевича. –Мин. : Новое знание, 2008. - 477 с.
- 13.Харламов, Г.А. Припуски на механическую обработку: справочник. / Г.А. Харламов, А.С. Тарапанов. — Электрон.дан. — М. : Машиностроение, 2013. — 256 с.
- 14.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.
- 15.Ивлиев, В. А.Курсовое проектирование по дисциплине «Технология технического обслуживания и ремонта автомобилей»/ В.И. Ивлиев–Т. : ТГУ, 2015. - 30с.
- 16.Ступица // [электронный ресурс]: URL<https://etlib.ru/wiki/stupitsa-49>(дата обращения: 23.04.2019)
- 17.AUTOZINE TECHNICAL SCHOOL [электронный ресурс]: URLhttp://www.autozine.org/technical_school/engine/Intake_exhaust.html (дата обращения 10.05.2019)
- 18.Variablevalvetiming [электронный ресурс]: URLhttps://en.wikipedia.org/wiki/Variable_valve_timing (дата обращения 17.04.2019)
- 19.Development of a Power-train for a Formula SAE Competition Vehicle [Электронныйресурс]:URL<http://papers.sae.org/2010-32-0085/> (Датаобращения: 16.05.2019).
- 20.Михайлов, А.В. Оформление документов на технологические процессы обработки резанием: Метод.указания/Сост.А.В. Михайлов .-Т.: ТолПИ, 1993.
- 21.Петрова, М.С. Охрана труда на производстве и в учебном процессе: учеб.пособие. / М.С. Петрова – М.: ЭНАС, 2006.-232с.

- 22.Сергель, Н.Н. Технологическое оборудование машиностроительных предприятий:учеб.пособие / Н. Н. Сергель. –Мин. : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2013. - 732 с.
- 23.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.
- 24.Волкова, Е.И., Двоеглазова, Н.А.«Методика расчёта бизнес-презентации в рамках проекта FormulaStudent» /Е.И. Волкова., Н.А. ДвоеглазоваЕжегодный сборник трудов "Студенческие инженерные проекты".-2017. – 198-204с.
- 25.Капова, В.Г. Учебно-методическое пособие к выполнению курсовой работы по дисциплине «Организация производства» для студентов специальности 190201 –«Автомобиле и тракторостроение» всех форм обучения / В.Г. Капова. –Т.: ТГУ, 2007. –63 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание			
<i>Документация</i>									
			19.БР.ПЭА.283.02.00.000СБ	<i>Сборочный чертеж</i>					
<i>Детали</i>									
Серия №		1	19.БР.ПЭА.283.02.00.001	Гидроцилиндр	1				
		2	19.БР.ПЭА.283.02.00.002	Гидронасос	1				
		3	19.БР.ПЭА.283.02.00.003	Кулак	1				
		4	19.БР.ПЭА.283.02.00.004	Манометр	1				
		5	19.БР.ПЭА.283.02.00.005	Оправка	1				
		6	19.БР.ПЭА.283.02.00.006	Оснастка	1				
		7	19.БР.ПЭА.283.02.00.007	Пресс	1				
<i>Стандартные изделия</i>									
Подп. и дата		8		Болт М8х75 ГОСТ 7798-70	2				
		9		Болт М10 ГОСТ 5915-70	1				
Изм. №	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<h3 style="margin: 0;">19.БР.ПЭА.283.02.000</h3> <p style="margin: 0;">Оснастка для испытания поворотных кулаков</p>				
Разраб.	Проб.	И.контр.	Утв.	Дата			Лит.	Лист	Листов
					ТГУ каф. ПЭА гр.ЭТКД-1501				
<i>Копировал</i>					<i>Формат А4</i>				

