

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа ИШНПТ  
 Направление подготовки 150401/Машиностроение  
 Отделение школы (НОЦ) Материаловедение

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование технологического процесса изготовления кожуха вентилятора и разработка мероприятий для снижения брака при производстве

УДК 621.638-231.002-047.37:658.567

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ71	Емельяненко Сергей Михайлович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Червач Ю.Б.	К.Т.Н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Конотопский В. Ю.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романова С. В.			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Арляпов А.Ю.	К.Т.Н.		

*Планируемые результаты освоения ООП*

**«Автоматизация технологических процессов и производств в машиностроении»**

<b>Код</b>	<b>Результат обучения*</b>	<b>Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон</b>
Р1	Способность применять гуманитарные, естественнонаучные, математические и инженерные знания при создании новых конкурентоспособных технологий изготовления деталей и сборки машин с применением компьютерных технологий	ОПК-1, ОПК-5, УК-1 ФГОС ВО 3+ и проект ФГОС ВО 3++, СУОС ТПУ Потребности российских предприятий машиностроительного комплекса.
Р3	Способность разрабатывать методики и организовывать проведение теоретических и экспериментальных исследований в области технологии машиностроения с использованием новейших достижений науки и техники.	ОПК-3, ОПК-11, ОПК-12, УК-1, УК-2, УК-3 ФГОС ВО 3+ и проект ФГОС ВО 3++, СУОС ТПУ Потребности российских предприятий машиностроительного комплекса.
Р6	Способность подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, методическую документацию, публикации по результатам выполненных исследований в области машиностроения, проводить обучающие семинары, лабораторные или практические занятия со студентами	ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-6, ОПК-9, ОПК-10 ФГОС ВО 3+ Потребности российских предприятий машиностроительного комплекса.
Р7	Способность выполнять и обосновывать инженерные проекты для создания сложных конкурентоспособных изделий машиностроения и технологий их производства, в том числе с использованием современных CAD/ CAM/ CAE продуктов.	ОПК-5, ОПК-6, УК-1 ФГОС ВО 3+ и проект ФГОС ВО 3++, СУОС ТПУ Потребности российских предприятий машиностроительного комплекса.

<p>P8</p>	<p>Готовность обеспечивать прогрессивную эксплуатацию оборудования и других средств технологического оснащения автоматизированного производства изделий машиностроения, осваивать и совершенствовать технологические процессы изготовления новых конкурентоспособных изделий, обеспечивать их технологичность.</p>	<p>ОПК-11 ФГОС ВО 3+</p> <p>Потребности российских предприятий машиностроительного комплекса.</p> <p>40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам. Зарегистрировано в Минюсте России 21 марта 2014 г. N 31692</p> <p>40.001 Специалист по патентоведению. Зарегистрировано в Минюсте России 21 ноября 2013 г. N 30435</p> <p>28.002 Специалист по контролингу машиностроительных организаций. Зарегистрировано в Минюсте России 23 сентября 2015 г. N 38979</p> <p>28.008 Специалист по инжинирингу машиностроительного производства. Зарегистрировано в Минюсте России 21 марта 2017 г. N 46069</p> <p>28.001 Специалист по проектированию технологических комплексов механосборочных производств. Зарегистрировано в Минюсте России 10 июля 2015 г. N 37972</p> <p>28.003 Специалист по автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства. Зарегистрировано в Минюсте России 24 сентября 2015 г. N 38991</p> <p>40.013 Специалист по разработке технологий и программ для станков с числовым программным управлением. Зарегистрировано в Минюсте России 04 мая 2017 г. N 46603</p> <p>40.052 Специалист по проектированию технологической оснастки механосборочного производства. Зарегистрировано в Минюсте России 10 мая 2017 г. N 46667</p> <p>40.083 Специалист по компьютерному проектированию технологических процессов. Зарегистрировано в Минюсте</p>
-----------	--	---

		России 29 января 2015 г. N 35787 40.100 Специалист по инструментальному обеспечению механосборочного производства. Зарегистрировано в Минюсте России 13 августа 2015 г. N 38513
--	--	---

**Министерство образования и науки Российской Федерации**

федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа \_\_ ИШНПТ

Направление подготовки \_\_150401/Машиностроение

Отделение школы (НОЦ) \_\_Материаловедение

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации
--------------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ71	Емельяненко Сергею Михайловичу

Тема работы:

Исследование технологического процесса изготовления кожуха вентилятора и разработка мероприятий для снижения брака при производстве
---

Утверждена приказом директора (дата, номер)

--	--

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Чертежи деталей.</li><li>2. Техническая литература.</li><li>3. Технологический процесс.</li><li>4. Программа КОМПАС 3D.</li></ol>
---------------------------------	--

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Проверка размерной цепи сборки.</li> <li>2. Назначение новых допусков.</li> <li>3. Доработка приспособления.</li> </ol>
<b>Перечень графического материала</b>	Демонстрационный материал (презентация в MS Power Point);

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
Исследовательский	Червач Юрий Борисович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский Владимир Юрьевич
Социальная ответственность	Романова Светлана Владимировна
Исследовательский (на англ. яз.)	Ажель Юлия Петровна

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:**

Обзор литературы

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Червач Ю.Б.	К.Т.Н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ71	Емельяненко Сергей Михайлович		

Выпускная квалификационная работа 104 с., 47 рис., 19 табл., 14 литературных источников.

**Ключевые слова:** кожух, размерная цепь, приспособление, допуск, сборка.

**Объект разработки:** кожух корпуса вентилятора.

**Цель работы:** анализ проблем при изготовлении данной детали, анализ приспособления для сборки и сварки корпуса, исследование причин кривизны и поиск пути решения данной проблемы.

Для решения проблем при изготовлении кожуха была посчитана размерная цепь, изменены некоторые размеры и допуски с которыми гарантировался зазор. Изменен принцип сборки кожуха, теперь винты давят в базовую сторону кожуха. Разработаны 2 типа упоров в которые давят всю конструкцию в сборочном приспособлении.

Данные рекомендации должны значительно сократить брак при производстве на предприятии АО НПЦ «Полюс» кожухов данного типа и облегчить их производство.

**Область применения:** акционерное общество «Научно-производственный центр «Полюс».

## Оглавление

Введение .....	8
1. Способ изготовления типовых деталей и кожуха .....	9
1.1. Способы производства корпусных деталей .....	9
1.2 Способы соединения деталей .....	10
1.3. Сборочно – сварочные приспособления .....	12
1.3.1. Назначение .....	12
1.3.2. Классификация сборочно-сварочных приспособлений .....	15
1.3.3. Требования к приспособлениям .....	16
1.4. Базирование .....	18
1.4.1. Понятие базирование .....	18
1.4.2 Фиксирование по плоским поверхностям .....	21
1.5. Обзор Кожуха .....	23
1.5.1. Обзор сборки и назначение конструкции .....	23
1.5.2. Составляющие кожуха .....	24
1.5.3. Описание базового технологического процесса .....	26
2. Конструкторская часть .....	29
2.1. Проверка сборки размерной цепи. ....	29
2.2. Назначение новых размеров и допусков .....	39
2.3. Анализ размерной цепи с учетом угловых размеров .....	49
3. Приспособление для сборки и сварки кожуха .....	57
3.1. Обзор заводского приспособления .....	57
3.2. Новое приспособление .....	59
Заключение .....	63
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ .....	65
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....	79
Список литературы: .....	104

## **Введение**

На предприятии АО НПЦ «Полюс», существует проблема при изготовлении корпуса для вентилятора. После сварочной операции, детали данного типа приходят в цех для дальнейшей обработки кривые, что представляет затруднительным, либо совсем невозможным для выполнения требований чертежа по механической обработке корпуса. Для выполнения поставленной задачи приходится часто отдавать кожух на рихтовку, что приводит к большим потерям времени, экономическим затратам, а иногда и во все к браку изделия.

Целью данной выпускной квалификационной работы является анализ проблем при изготовлении данной детали, анализ приспособления для сборки и сварки корпуса, исследование причин кривизны и поиск пути решения данной проблемы.

## **1. Способ изготовления типовых деталей и кожуха**

### **1.1. Способы производства корпусных деталей**

К группе корпусных деталей относятся редукторы, главные передачи, картеры коробок передач. Детали корпусного типа разделяются на фланцевые и призматические. Базами служат торцевые поверхности основных отверстий и поверхности центрирующих выступов, либо выточек у корпусных деталей фланцевого типа. Корпуса призматического типа характеризуются большими наружными поверхностями и расположением отверстий на нескольких осях. [7].

Корпуса производят литыми и сварными. [4].

Главным образом, механическая обработка корпусных заготовок сводится к обработке плоскостей и отверстий, из этого следует, что требования для наименьшей трудоемкости определяются следующими условиями:

- 1) отсутствие многообразия размеров резьб и отверстий;
- 2) для обработки на проход торцы и плоскости отверстий не должны иметь выступов по возможности;
- 3) корпусная деталь должна быть максимально близка к правильной геометрической форме;
- 4) отсутствие поверхностей, не перпендикулярных осям отверстий на входе и на выходе сверления;
- 5) в точных отверстиях отсутствие внутренних выступов, которые препятствуют растачиванию на проход.

Обработка основных отверстий в корпусах осуществляется по 6-8 классам шероховатости поверхности. От 1 до 3 класса точности назначают на диаметральные размеры основных отверстий. В зависимости от назначения корпусных деталей назначают допуски на межосевые расстояния отверстий и их перпендикулярность [4].

По 5-7 классам шероховатости поверхности выполняют поверхности разъема. В пределах 50-200 мкм на 100 мм длины назначают отклонение от прямолинейности плоских поверхностей. Неперпендикулярность торцевых поверхностей корпусных деталей осей отверстий допускают в пределах от 0,1 до 1,0 мкм на 1 мм радиуса отверстия, эти поверхности обрабатывают по 5-6 классам шероховатости поверхности. [4].

Совмещают установочную, измерительную и сборочную базы для базирования заготовок корпусных деталей.

Для исключения погрешности базирования совмещают установочную и измерительную базу и погрешности установки определяют погрешностью закрепления. Для определения погрешности базирования при переменных базах строят размерную цепь.

Возникают деформации во время механической обработки заготовок.

Корпусная деталь должна обладать достаточной жесткостью, для исключения деформации и снижения режимов резания[7].

На геометрическую форму обработанной поверхности и на величину размерной погрешности влияют пространственные отклонения нарушающие равномерность удаляемого слоя металла при обработки[4].

## **1.2 Способы соединения деталей**

Основной вид работ во время сборки машин это различные соединения деталей. Сборка от двух и более деталей может рассматривать их подвижное или неподвижное соединение.

Неизменное взаимное положение деталей и узлов сохраняется при неподвижном соединении.

Неподвижные соединения бывают: разборные и неразборные. Неподвижные неразборные соединения выполняются[5]:

- сваркой;
- склёпыванием;
- прессовыми посадками;
- пайкой.

Сварка – это процесс получения неразъёмных соединений посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или общем нагреве, пластическом деформировании или совместном действии того и другого.

Электросварка – это способ сварки, который использует для нагрева и расплавления металла электрическую дугу ( до 7000°C).

Газовая сварка – это сварка плавлением с применением смеси кислорода и горючего газа[6].

Пайка – это технологическая операция, которая применяется для получения неразъёмного соединения деталей путём введения между этими деталями расплавленного припоя, имеющего более низкую температуру, чем материал соединяемых деталей[6].

Склепывание производится пневматическими и электрическими молотками, электромеханическими, пневматическими и гидравлическими подвесными и стационарными клепальными машинными.

Неподвижные соединения могут осуществляться путем запрессовывания или напрессовывания детали.

Некоторые неподвижные посадки могут быть выполнены нагреванием охватывающей детали.

В случае, если по производственным условиям нагрев охватывающей детали недопустим или невозможен в исполнении, то соединение возможно выполнить путем охлаждения охватываемые детали[5].

### **1.3. Сборочно – сварочные приспособления**

#### **1.3.1. Назначение**

Процесс изготовления сварных конструкций и узлов включает в себя:

- заготовки деталей;
- слесарная подготовка к сборке;
- сборка и прихватка;
- сварка;
- правка;
- механическая доработка;
- контроль качества;
- испытания.

В слесарно-сварочные цеха обычно включают такие мастерские:

- заготовительная;
- слесарно-сборочная;
- сварочная;
- механическая.

В заготовительных мастерских выполняется опиловка и резка, обработка концов труб и их гибка, гибка листовых деталей, штамповка. При серийном производстве сварных конструкций штамповка и гибка переходят в заготовительно-штамповые цеха.

Кроме основного оборудования (прессы ручные, кромкострогальные и металлорежущие станки, сварочные посты и электросварочные машины) в

цехах используется вспомогательное оборудование. В номенклатуру вспомогательного оборудования входят шаблоны для опилования, приспособления для правки, сборки, прихватки, а так же сварки.

Механизация и автоматизация осуществляется при помощи электротехнического оборудования в виде сварочных аппаратов и машин, а вспомогательные и смежные операции не осуществляются. Актуальной задачей является комплексное оснащение производства дополнительными сборочно-сварочными устройствами в связи с упорным улучшением сварочного производства, увеличением видов сварных изделий.

Сварочные приспособления - это дополнительные технологические устройства к оборудованию, применяемые для выполнения операций сборки.

При автоматизации сварочного процесса необходима разработка механизмов, агрегатов, специальных приспособлений. Например, перемещение сварочного аппарата или изделия, вращение изделия со сварочной скоростью, удержание флюса, направление электрода по шву, формирование сварного шва. Поэтому, назначение сварочных приспособлений состоит в том, чтобы обеспечить установку изделия и сварочной аппаратуры в удобное для сварки положение, в котором сварщиком бы затрачивалось минимум усилий в процессе работы.

Технологическая оснастка – это необходимые приспособления и специальные инструменты для выполнения работ по изготовлению сварных конструкций.

Сборка и прихват тяжелых и сложных сварных узлов осуществляется с множеством деталей, выдерживая при этом заданные чертежом размеры, только по разметке не представляется возможным. Приспособления должны обеспечивать правильность установки и неизменность положения каждой детали, свободный доступ к местам прихватки и сварки и последующий легкий съем собранной конструкции с приспособления. Еще одно назначение

приспособлений является обеспечение заданных размеров сварных узлов с одновременным уменьшением трудоемкости сборочно-сварочных работ.

В единичном и мелкосерийном производстве применяются простейшие приспособления для установки простейших деталей. В данном случае до прихватки и сварки слесарь помогает придержать деталь.

Приспособления, которые позволяют быстро и надежно закреплять детали с помощью фиксаторов и зажимов и располагать детали в удобном для сварки положении необходимы в крупносерийном и массовом производстве. Сварные швы располагаются: на вертикальной и горизонтальной плоскостях, внутри и снаружи изделия, на отдельных участках и по всему контуру. Подобное расположение швов приводит к нескольким переворотам изделия во время сварки. В подобном случае назначение приспособлений заключается в кантовке изделия в технологической последовательности выполнения сварных швов в удобное положение для сварки.

Изделие может отклониться от заданных чертежом требований в процессе сварки, из-за больших сварочных напряжений и деформаций. Можно создать условия для быстрого отвода тепла с помощью приспособлений, созданием обратного прогиба сварного соединения или жесткого закрепления сварного узла, что обеспечивает минимум деформации сварной конструкции. Поэтому, сборочно-сварочные приспособления предназначены для предотвращения или уменьшения остаточных деформаций сварной конструкции.

Наибольшее распространение в крупносерийном и массовом производстве получили специальные приспособления, которые сконструированные для конкретного вида изделия. Однако изменение формы и размеров сварной конструкции приводит к существенному преобразованию или к аннулированию ряда приспособлений. Поэтому при конструировании

приспособления конструктор должен стремиться к тому, чтобы приспособление после небольших переделок можно было использовать для другого изделия[1].

### **1.3.2. Классификация сборочно-сварочных приспособлений**

Сборочно-сварочные приспособления делят по функциональному назначению:

- Сборка сварных конструкций и изделий: простейшие переносные сборочные приспособления, струбины, домкраты, универсальные приспособления, неповоротные сборочные и сборочно-сварочные стенды и кондукторы, поворотные сборочно-сварочные кондукторы, сборочно-сварочные комбайны.

- Установка, поворот и вращение свариваемых изделий: неповоротные устройства (стеллажи, плиты, столы), кантователи и позиционеры, сварочные вращатели и манипуляторы, роликовые стенды, поворотные столы, автооператоры.

- Установка и перемещение сварочных аппаратов: несущие подъемно-поворотные колонны, сварочные тележки, специальные устройства для перемещения сварочной головки (каретки, многокоординатные суппорты и др.).

Оборудование, из первой группы, предназначено для фиксирования и закрепления конструкции и обеспечения необходимой точности соблюдения заданных чертежами размеров свариваемой деталей.

Оборудование, из второй группы, предназначено для установки свариваемых изделий и поворота их в удобное для сварки положение и вращения со сварочной скоростью. Для установки изделий в удобное для сварки положение применяют кантователи.

Оборудование, из третьей группы, предназначено для закрепления и перемещения только сварочной головки, либо аппарата.

В мелкосерийном и единичном производстве применяют простые, универсальные, переносные приспособления, а в крупносерийном и массовом производстве предпочтение отдается специальным приспособлениям с быстродействующими зажимными механизмами [1].

### **1.3.3. Требования к приспособлениям**

Многочисленные требования предъявляются к конструкциям сборочно-сварочных приспособлений. Можно отдельно рассмотреть требования, предъявляемые к каждой из групп в связи с разделением приспособлений по назначению на 3 группы.

В случае, если изделие собирается отдельно и операция сборки не связана с последующими операциями сварки и транспортировки, то к сборочным устройствам предъявляются общие требования: приспособление должно обеспечивать качество сборки, требуемую производительность, малую трудоемкость и невысокую стоимость.

Если приспособление предназначено и для сборки и для сварки изделия одновременно, то необходимо наложить ряд дополнительных требований и ограничений на конструкцию приспособления:

- удобство;
- безопасность;
- простые и надежные фиксаторы;
- быстрая и надежная установка изделия;
- минимальные поверхности соприкосновения поверхностей изделия и фиксирующих устройств;
- прочные и надежные приспособления;

- минимальное количество съемных частей;
- использование унифицированных, нормализованных и стандартных деталей и механизмов для обеспечения быстрой взаимозаменяемости;
- выполнение быстрого отвода тепла из зоны сварки для уменьшения коробления изделия;
- выполнение длительной неизменности размеров;
- выполнение заданной последовательности сборки и наложения швов;
- выполнение сборки изделия с одной установки, наименьшего числа поворотов при сборке;
- применение механизмов для загрузки, подачи и установки деталей и выгрузки собранного изделия;
- возможность демонтажа фиксаторов и смены изнашиваемых частей приспособлений;
- исключение подгоночных и доделочных работ с изделием после его сборки и сварки в приспособлении;
- быстрая установка поворотных ступеней и приспособлений в нужное положение;
- доступная смазка устройства без разбора;
- отсутствие острых углов и кромок;
- минимальный вес.

При проектировании приспособления нужно также учитывать эстетику, художественное конструирование, формообразование и эргономику. Необходимо назначить рабочее место и позу оператора, хорошо представить конкретные действия рабочего при работе с оснасткой и в сложном случае изготовить макет будущего приспособления и проверить возможности будущих конструкторских решений.

Разработка нового приспособления или совершенствование существующего производится на основе изучения чертежей и ТУ на сварную

конструкцию; разработки или изучения технологического процесса изготовления изделия; анализа производственной программы выпуска изделий; технико-экономического обоснования наилучшего варианта приспособления из числа возможных [1].

## **1.4. Базирование**

### **1.4.1. Понятие базирование**

С помощью базирования, заготовке, либо всему изделию можно придать требуемое положение относительно выбранной системе координат.

В процессе сборки, базирование – это определение положения деталей в изделии относительно друг друга или изделия относительно приспособления, рабочего инструмента, технологического сварочного оборудования.

Поверхности одной детали могут быть базами для сопрягаемых с ней поверхностей других деталей в процессе изготовления изделий из сборочных единиц.

Все базы классифицированы, которые используются в процессе изготовления изделия и представлены на рис 1.1.

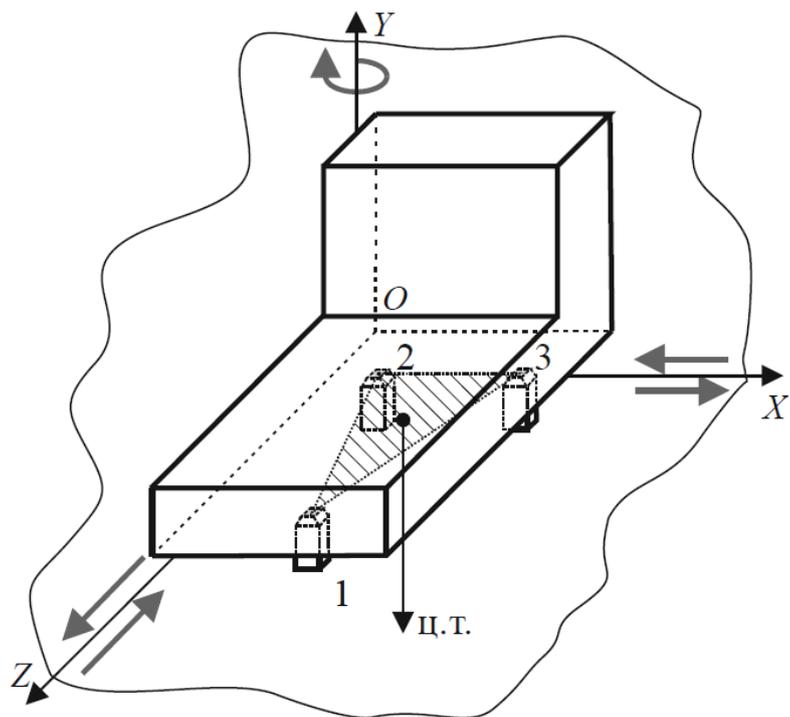


Рис. 1.1 Классификация баз

Для придания неподвижного положения заготовке ее необходимо лишить шести степеней свободы.

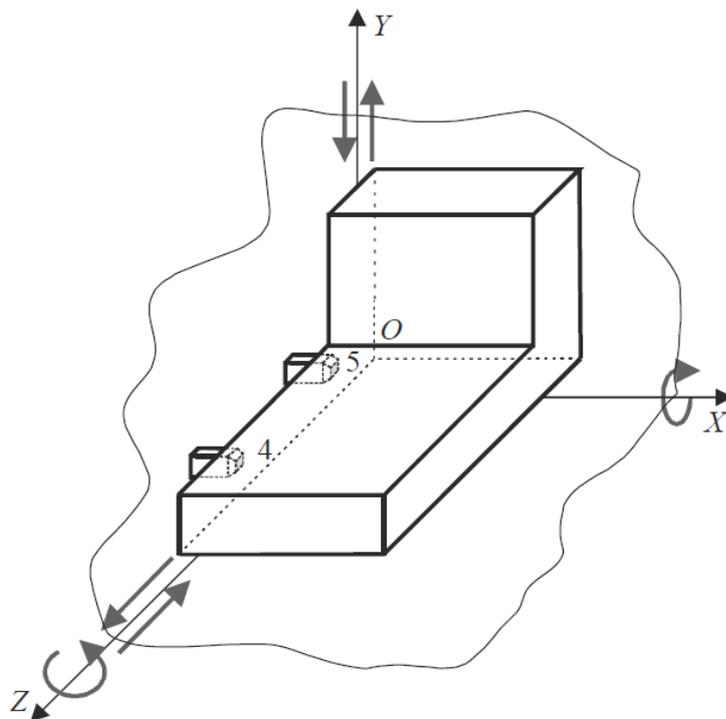
В зависимости от количества лишаемых степеней свободы установочные базы классифицируются следующим образом:

1) установочная (У) – поверхность, при базировании на которую деталь лишается трех степеней свободы: перемещения вдоль одной оси (ОУ) и вращения вокруг двух осей (ОZ и ОX) (рис. 1.2);



*Рис. 1.2 Установочная поверхность*

2) направляющая (Н) - поверхность, при базировании на которую деталь лишается двух степеней свободы: перемещения вдоль одной оси ( $OX$ ) и вращения вокруг одной оси ( $OY$ ) (рис. 1.3);



*Рис. 1.3 Направляющая поверхность*

### **1.4.2 Фиксирование по плоским поверхностям**

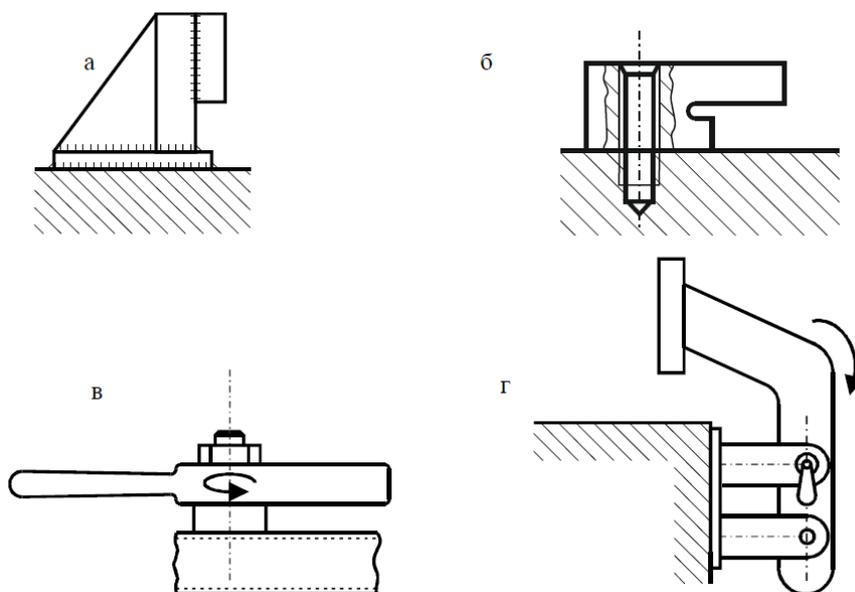
Установочные элементы приспособления, на которые опирается заготовка, деталь, либо сборочная единица, называется опора. Они определяют положение детали в пространстве и подразделяются по назначению на основные и вспомогательные.

Основными опорами являются установочные или базирующие элементы, лишающие заготовку или изделие всех или нескольких степеней свободы. Опоры нужно располагать так, чтобы центр тяжести детали был в центре треугольника, вершинами которого являются опорные точки.

В ряде случаев, когда опорная поверхность заготовок имеет большие габаритные размеры и малую толщину, базирование подобных деталей по трем точкам не обеспечивает достаточной жесткости, что приводит к деформированию заготовки и ухудшению точности сборки конструкции. Для исключения деформации заготовок, к основным опорам добавляют дополнительные. Произвольно выбирают сколько и куда устанавливать дополнительные опоры, а так же определяют условиями сборки, жесткости и конфигурацией изделия.

Основные опорные элементы: опорные штыри, штифты и пластины с рифленой, плоской и полукруглой поверхностью (ГОСТ 13440–13442, 4743).

Для фиксации деталей применяются постоянные, съемные, поворотные, откидные и отводные упоры (рис. 1.3).



*Рис.1.3 Фиксирующие упоры:*

*а – постоянные; б – съемные; в – поворотные; г – откидные*

Самые распространенные упоры являются постоянные. В эту группу могут входить прямоугольные планки, штыри, ребра, штифты, которые крепятся к основанию приспособления по контуру собираемой конструкции с помощью сварки или с помощью винтов.

В приспособлениях невысокой точности упоры в основном привариваются к основанию и изготавливаются из низкоуглеродистых сталей.

В приспособлениях повышенной точности и сложности постоянные упоры крепятся с помощью винтов.

Съемные упоры применяют при сварке узлов, образующих уступы. После каждой операции сборки и сварки такие упоры снимаются и крепятся с помощью винтов и шпилек.

Поворотные и откидные упоры обеспечивают возможность снятия узла после сборки и сварки с приспособления в тех случаях, когда при использовании постоянного упора это невозможно[1].

## 1.5. Обзор Кожуха

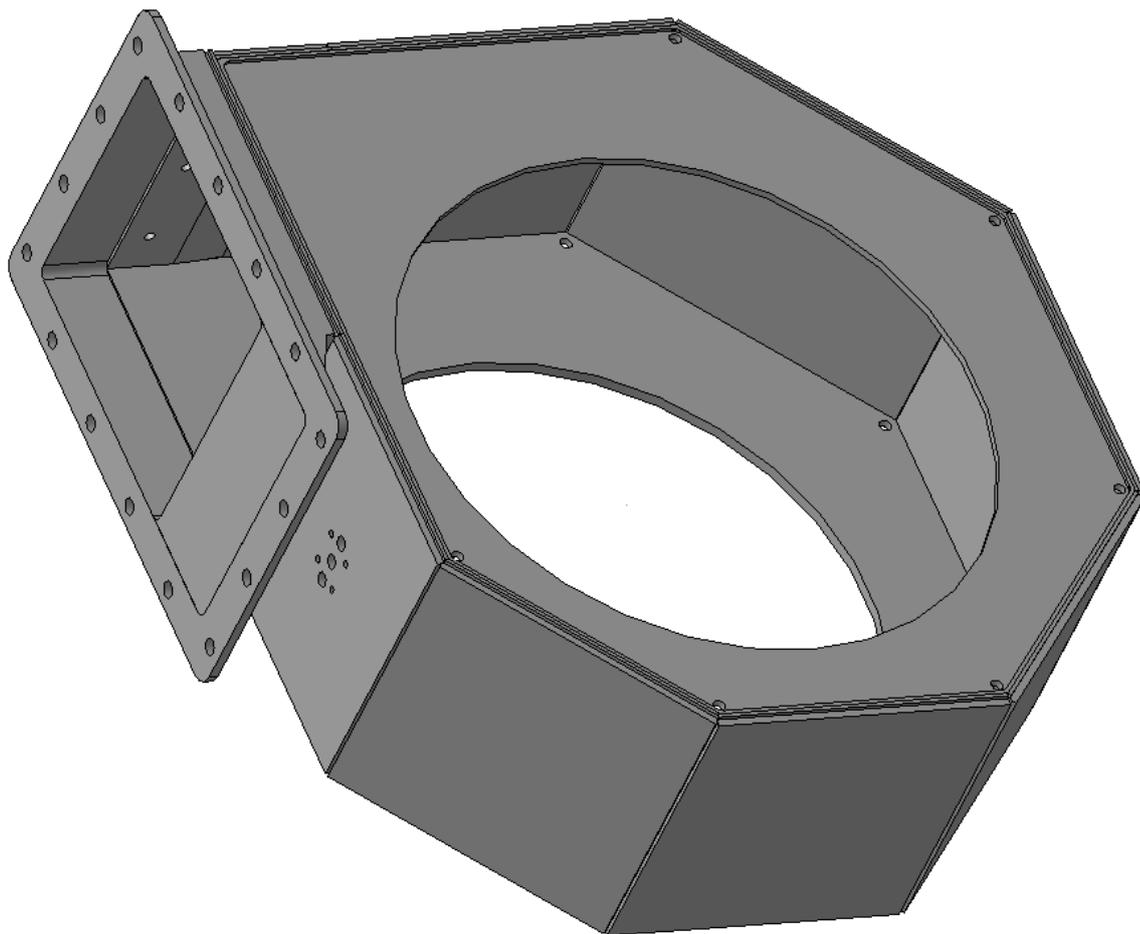
### 1.5.1. Обзор сборки и назначение конструкции.

Кожух входит в состав электроventильатора постоянного тока PCC1 на базе коллекторных электродвигателей. Электроventильаторы используются для перемещения воздуха в системах кондиционирования и вентиляции. Особенности: повышенный технический ресурс и срок эксплуатации, улучшенные виброшумовые характеристики. Состав: блок электроventильатора БЭВ1, состоящий из электродвигателя, корпуса и колеса; электромагнитный пускатель ППР. Электродвигатель постоянного тока со смешанным возбуждением. Питание осуществляется от сети постоянного тока напряжением 175/190/220/320 В. Климатическое исполнение OM5. Температура окружающей среды и перемешиваемого воздуха от 269° до 317° К (от минус 5 до плюс 45 °С). Техническое решение защищено патентом[8].



*Рис.1.5 электроventильаторы постоянного тока PCC1*

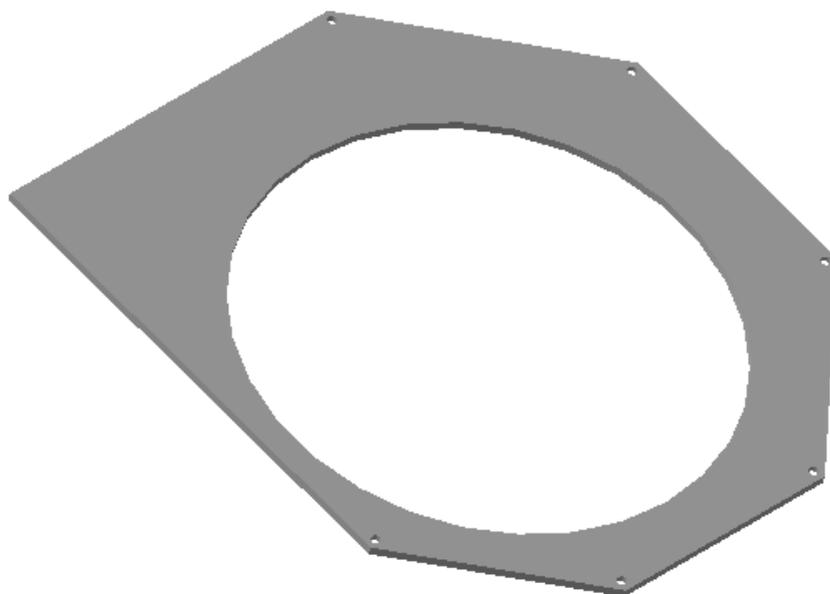
Ниже представлен ЕИЖА.305518.002СБ Кожух в 3д виде.



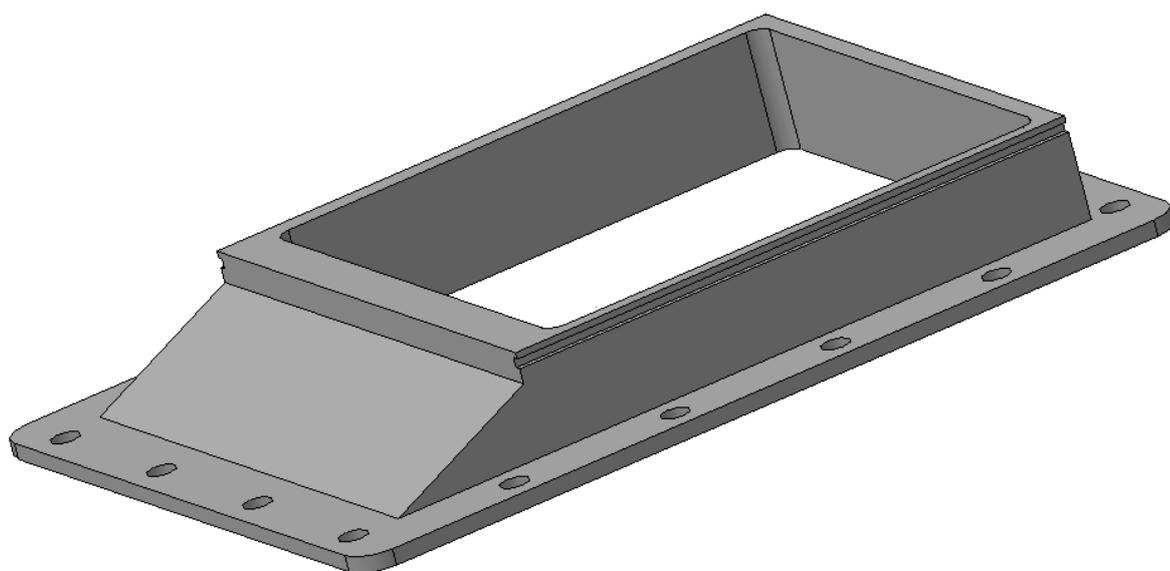
*Рис. 1.5.1 Кожух СБ*

### **1.5.2. Составляющие кожуха**

Показаны составляющие кожуха в 3д виде. На рис. 1.5.2 представлена щека 751161.049. Так как щека 751161.050 зеркальна 751161.049, то смысла нет её показывать.

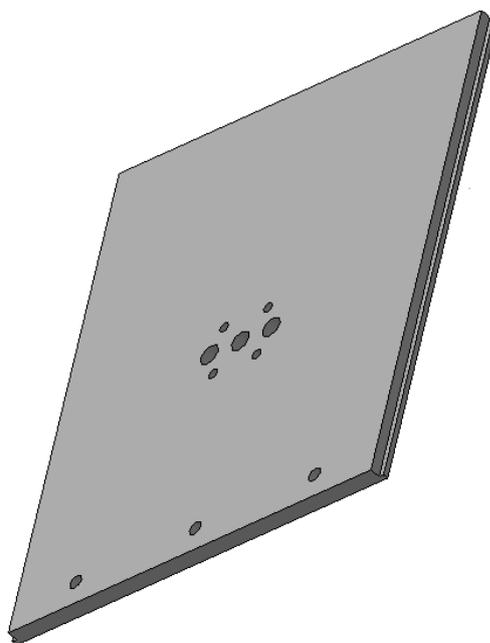


*Рис. 1.5.2 Щека*

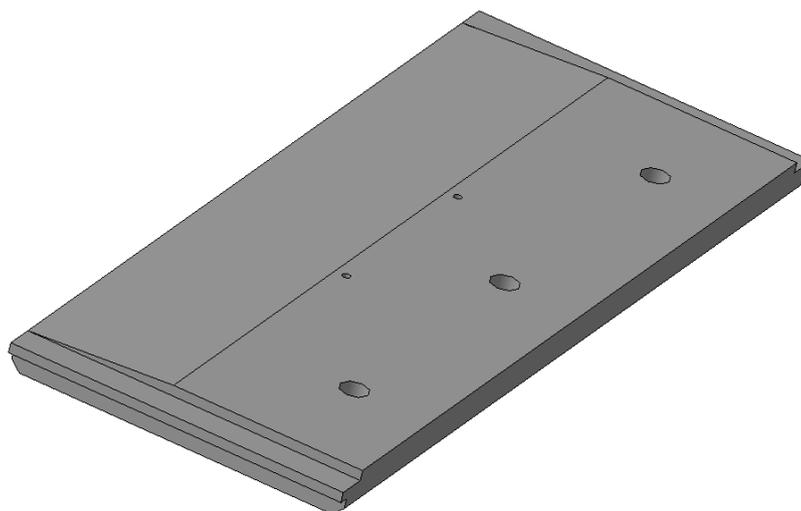


*Рис. 1.5.3 Фланец 741545.066*

Далее на рис. 1.5.4 показана крышка 741424.359. От остальных аналогичных деталей: 741424.360; 741424.361; 741424.362; 741424.363; 741424.364; 741424.365 она отличается лишь наличием и расположением мелких отверстий, которые не важны.



*Рис. 1.5.4 Крышка*



*Рис. 1.5.5 Крышка 741424.361*

Все составляющие кожуха обрабатываются на вертикальных обрабатывающих центрах HYUNDAI-WIA F500, управляемые стойкой FANUC. Материал всех составляющих Лист Амг6, 6 ГОСТ 21631-76.

### **1.5.3. Описание базового технологического процесса.**

Базовый технологический процесс изготовления кожуха ЕИЖА.305518.002 разработан для мелкосерийного производства и представлен в таблице 1.5.

Таблица 1.5.

№ Опер.	Наименование операции	Оборудование, приспособления, режущий и измерительный инструмент
005	Комплектование 1. Скомплектовать детали согласно спецификации и чертежу	Стол комплектовщика.
010	Слесарно-сборочная 1. Зачистить сварочные кромки деталей под сварку согласно технологической инструкции 2. Собрать кожух в приспособлении для сварки	Кордщетка металлическая радиальная для УШМ. ЕИЖА.72.213-01 Пр-е д/сварки кожуха.
015	Сварка 1. Выполнить операцию по операционной карте	
020	Слесарная 1. Собрать кожух в приспособлении для сварки	Верстак слесарный. ЕИЖА.72.213-01 Пр-е д/сварки кожуха.
025	Отжиг	
030	Слесарная 1. Разобрать приспособление для сварки 2. Допускается рихтовать щеки кожуха безударным способом, выдерживая размер 156-0,3** по чертежу при необходимости	Верстак слесарный ЕИЖА.72.213-01 Пр-е д/сварки кожуха
035	Контроль 1. Контролировать качество сварочных швов на соответствие требованиями чертежа	Стол контролера
040	Координатно-расточная 1. Установить кожух на плоскую поверхность со стороны щеки поз. 12 по чертежу. Выставить кожух, обеспечивая 243,5±0,2 и 183±0,2 по чертежу и закрепить прижимами цеховыми 2. Расточить Ø321+0,057 по чертежу, обеспечивая биение 0,025max 3. Расточить Ø347+1,0, выдерживая 5,5min и	Станок 2Д450АФ11 Прижимы цеховые Головка расточная Nagex Индикатор ИТП кл. 1 ГОСТ 577-68 Прибор универсальный Multimar 844 T-4500002

	<p>обеспечивая биение 0,05max, вместо 0,1 по чертежу</p> <p>4. Разметить и просверлить 16 отв. Ø4,27+0,13 под М5, выдерживая размеры и требования по чертежу</p> <p>5. Переустановить кожух, база – обработанный торец между Ø321 и Ø347 по чертежу. Выставиться по обработанной поверхности Ø321 с точностью 0,025max и закрепить прижимами цеховыми</p> <p>6. Расточить Ø321+0,057 по чертежу, обеспечивая биение 0,025max</p> <p>7. Расточить Ø347+1,0, выдерживая 5,5min и обеспечивая биение 0,05max, вместо 0,1 по чертежу</p> <p>8. Разметить и просверлить 16 отв. Ø4,27+0,13 под М5, выдерживая размеры и требования по чертежу.</p> <p>9. Контр. И-РМ. Предъявить допуски биений поверхностей И ОТК и поставить отметку в сопроводительной документации.</p>	<p>Рычаги 844 Те- 4500021</p> <p>Вставки 844 Тs- 4500045 (для внутренних диаметров)</p> <p>Индикаторы MarCator 1087BR</p> <p>Штангенциркуль ШЦ-11-400-0,1 ГОСТ 166-89</p> <p>Сверло 2317-0001 ГОСТ 14952-75</p> <p>Сверло 2300-0029 ГОСТ 889,77</p> <p>ЕИЖА.01.003-316 Калибр-пробка Ø4,27+0,13</p>
045	<p>Слесарная</p> <p>1. Нарезать резьбу М5 по чертежу</p> <p>2. Снять заусенцы и притупить острые кромки на кожухе и в отверстиях. Продуть сжатым воздухом</p>	<p>Верстак слесарный</p> <p>Метчик 2621-1121 ГОСТ 3266-81</p> <p>Калибр пробка 8221-3027 6Н ГОСТ 17758-72</p> <p>Слесарный зачистной инструмент SILVER UNIKIT NG 9300 ф. Noga</p>
050	<p>Контроль</p> <p>1. Контролировать визуально отсутствие заусенцев</p> <p>2. Контролировать размеры по чертежу и запись по контролю биения в сопроводительной документации</p>	<p>Стол контролера</p> <p>Штангенциркуль ШЦ-11-400-0,1 ГОСТ 166-89</p> <p>Прибор универсальный Multimar 844 Т-4500002</p> <p>Рычаги 844 Те- 4500021</p> <p>Вставки 844 Тs- 4500045 (для внутренних диаметров)</p> <p>Индикаторы MarCator 1087BR</p>

		Калибр пробка 8221-3027 6Н ГОСТ 17758-72
055	Гальваническое покрытие 1. Выполнить покрытие по чертежу согласно ТИ	
060	Контроль 1. Контролировать качество покрытия по чертежу согласно ТИ	Стол контролера
065	Герметизация	
070	Контроль	Стол контролера
075	Слесарно-сборочная 1. Установить накладки поз. 1 и закрепить поз. 13 на шпатлевку по чертежу и инструкции	Стол сборщика Шпатлевка ЭП-0010 Красно-коричневая ГОСТ 28379-89
080	Контроль 1. Контролировать выполнение операции 075 по инструкции и чертежу	Стол контролера
085	Окрашивание 1. Выполнить окрашивание согласно требованиям чертежа и инструкции	Оснастка цеховая
090	Контроль Контролировать качество окрашивания согласно требованиям чертежа и инструкции	Стол контролера

## **2. Конструкторская часть.**

### **2.1. Проверка сборки размерной цепи.**

При сборке кожуха в приспособлении, перед сваркой, деталь тяжело собирается, иногда слесарям приходится молотками подбивать стенки к щекам, что бы они встали ровно, отсюда следует, что в сборке не всегда присутствует зазор.

Для проверки зазора посчитаем размерную цепь сборки кожуха и посмотрим, есть ли зазор между последними стенками, замыкающими контур, или там натяг. Для этого на Рис. 2.1. составим схему составляющих размерной цепи сборки, где в центре находится щека, а вокруг неё стенки, которые ее окружают.

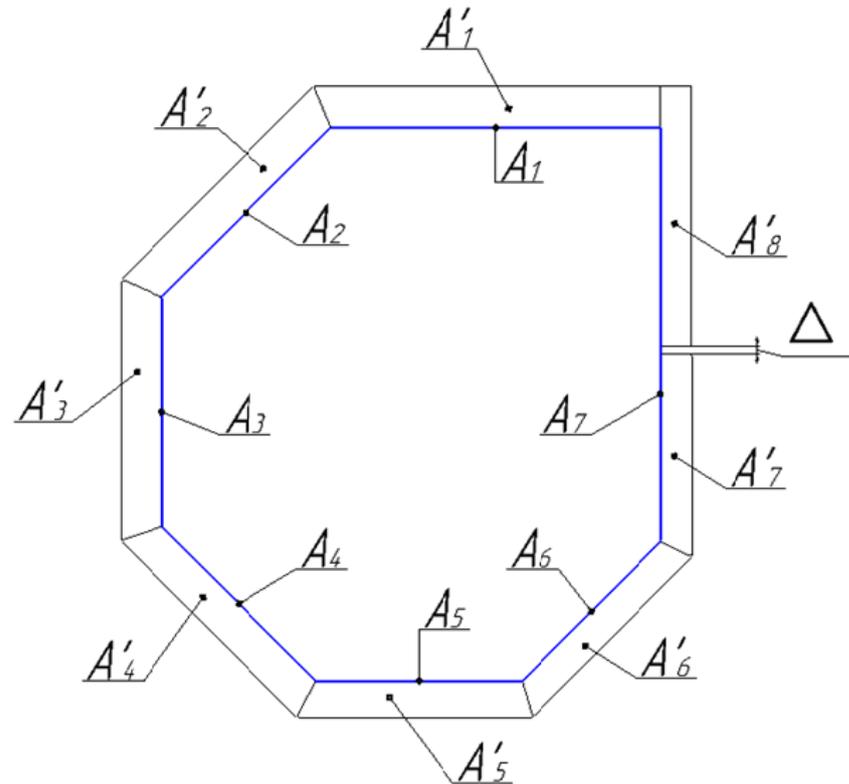


Рис. 2.1 Схема составляющих размерной цепи сборки

A – Звено размера щеки (центральной детали).

A' – Звено размера стенки (которая прилегает к щеке).

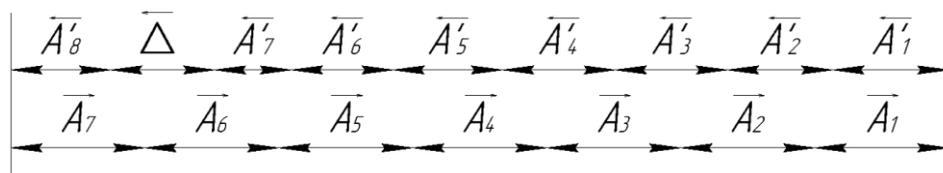


Рис.2.2 Схема размерной цепи

Находим недостающие звенья решением обратной задачи методом максимума-минимума [3].

Находим элемент  $A_6$

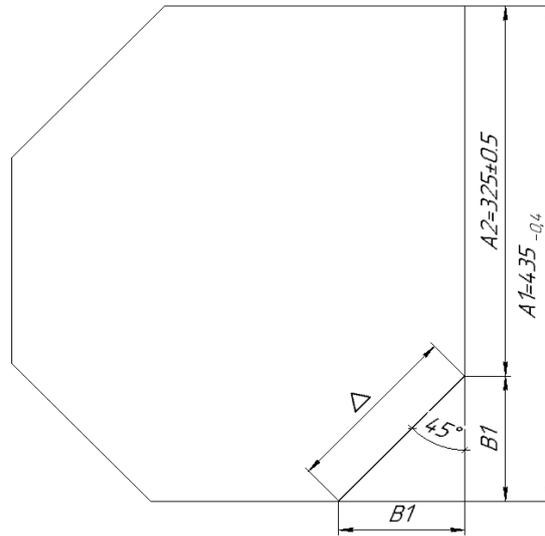


Рис.2.3 Схема нахождения элемента  $A_6$ .

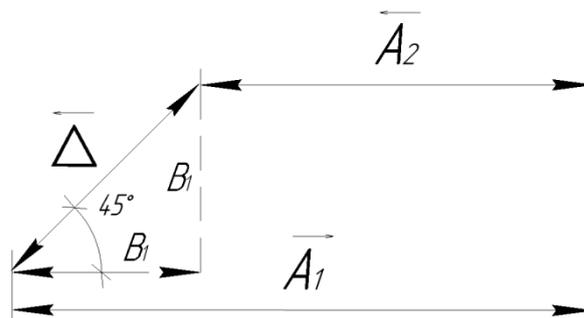


Рис.2.4 Схема размерной цепи

Находим длину замыкающего элемента по формуле  $B_1 = \vec{A}_1 - \vec{A}_2$ :

$$B_1 = 435 - 325 = 110$$

$\Delta$  найдем через гипотенузу, по формуле  $\Delta = \frac{B}{\sin \alpha}$ :

$$\Delta = \frac{110}{0.707} = 155.6$$

Определяем допуск замыкающего элемента по формуле  $TA_\Delta = TA_1 + TA_2$ :

$$TA_\Delta = 0.4 + 1 = 1.4$$

С помощью зависимости вычисляем координату середины поля допуска замыкающего элемента:

$$\Delta oA\Delta = \Delta o\overline{A_1} - \Delta o\overline{A_2} = -0.2 - 0 = -0.2$$

Находим предельные отклонения замыкающего элемента:

$$BOA\Delta = \Delta oA\Delta + \frac{TA\Delta}{2} = -0.2 + \frac{1.4}{2} = 0.5,$$

$$HOA\Delta = \Delta oA\Delta - \frac{TA\Delta}{2} = -0.2 - \frac{1.4}{2} = -0.9$$

Получаем элемент:

$$A_6 = 155.6_{-0.9}^{+0.5}$$

Находим элемент  $A_2$

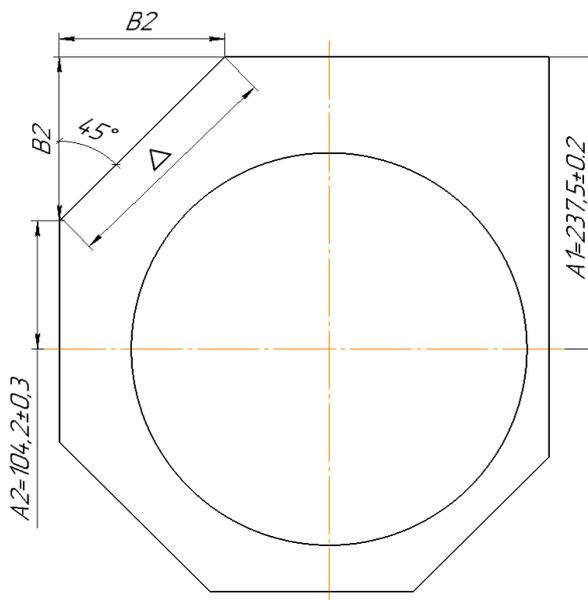


Рис.2.5 схема нахождения элемента  $A_2$ .

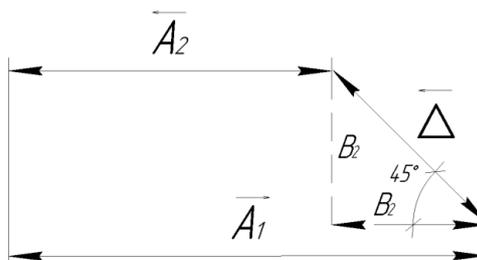


Рис.2.6 Схема размерной цепи

Находим длину замыкающего элемента по формуле  $B_1 = \overrightarrow{A_1} - \overleftarrow{A_2}$ :

$$B_2 = 237.5 - 104.2 = 133.3$$

$\Delta$  найдем через гипотенузу, по формуле  $\Delta = \frac{B}{\sin \alpha}$ :

$$\Delta = \frac{133.3}{0.707} = 188.5$$

Определяем допуск замыкающего элемента по формуле  $TA_{\Delta} = TA_1 + TA_2$ :

$$TA_{\Delta} = 0.4 + 0.6 = 1$$

С помощью зависимости вычисляем координату середины поля допуска замыкающего элемента:

$$\Delta_{oA\Delta} = \Delta_{o\overrightarrow{A_1}} - \Delta_{o\overleftarrow{A_2}} = 0 - 0 = 0$$

Находим предельные отклонения замыкающего элемента:

$$BO_{A\Delta} = \Delta_{oA\Delta} + \frac{TA_{\Delta}}{2} = 0 + \frac{1}{2} = 0.5,$$

$$HO_{A\Delta} = \Delta_{oA\Delta} - \frac{TA_{\Delta}}{2} = 0 - \frac{1}{2} = -0.5$$

Получаем элемент:

$$A_2 = 188.5 \pm 0.5$$

Находим элемент  $A_1$

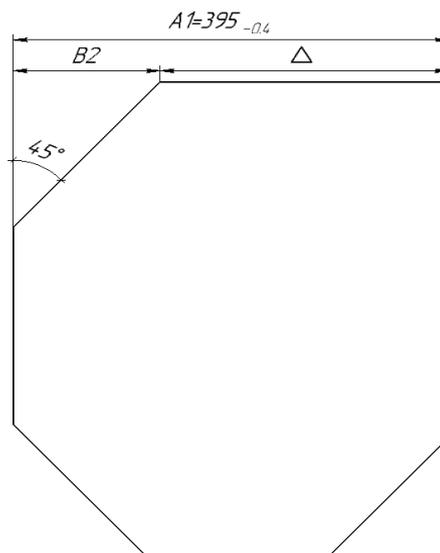


Рис.1.7 схема нахождения элемента  $A_1$

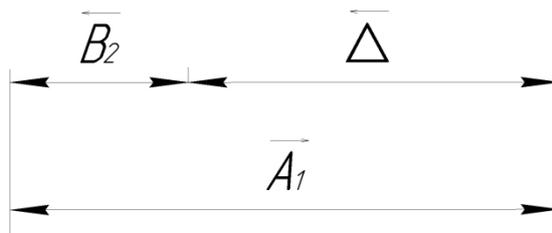


Рис.2.8 Схема размерной цепи

Находим длину замыкающего элемента по формуле  $\Delta = \overrightarrow{A_1} - \overleftarrow{B_2}$ :

$$\Delta = 395 - 133.3 = 261.7$$

Определяем допуск замыкающего элемента по формуле  $\Delta = TA_1 + TB_2$ :

$$TA\Delta = 0.4 + 0.6 = 1$$

С помощью зависимости вычисляем координату середины поля допуска замыкающего элемента:

$$\Delta_{oA\Delta} = \Delta_{o\overrightarrow{A_1}} - \Delta_{o\overleftarrow{B_2}} = -0.2 - 0 = -0.2$$

Находим предельные отклонения замыкающего элемента:

$$BOA\Delta = \Delta_{oA\Delta} + \frac{TA\Delta}{2} = -0.2 + \frac{1}{2} = 0.3,$$

$$HOA\Delta = \Delta_{oA\Delta} - \frac{TA\Delta}{2} = -0.2 - \frac{1}{2} = -0.7$$

Получаем элемент:

$$A_1 = 261.7_{-0.7}^{+0.3}$$

Находим элемент  $A_4$

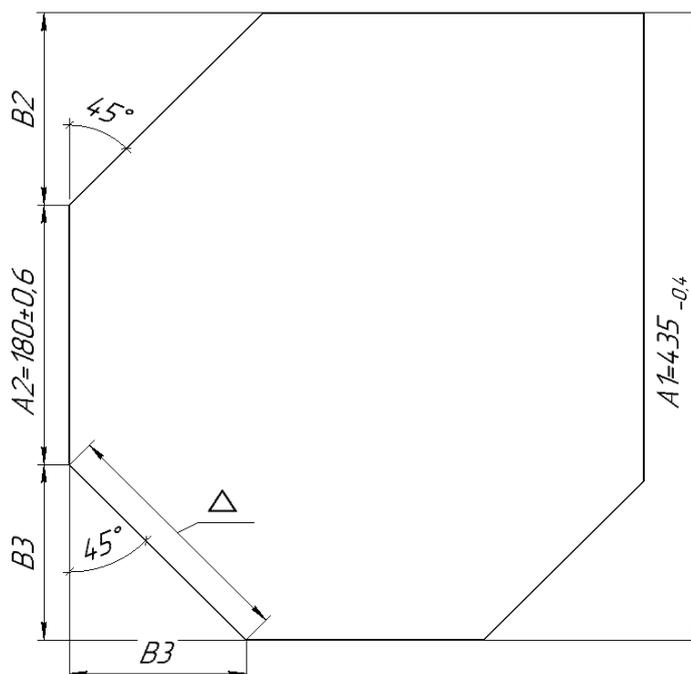


Рис.2.9 схема нахождения элемента  $A_4$ .

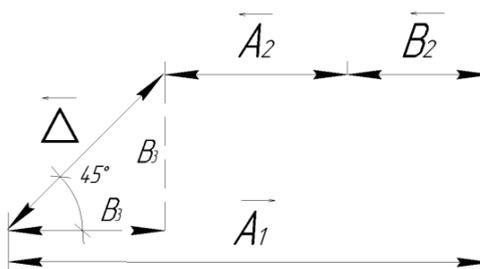


Рис.2.10 Схема размерной цепи

Находим длину замыкающего элемента по формуле  $B_3 = \overline{A_1} - \overline{A_2} - \overline{B_2}$ :

$$B_3 = 435 - 180 - 133.3 = 121.7$$

$\Delta$  найдем через гипотенузу, по формуле  $\Delta = \frac{B}{\sin \alpha}$ :

$$\Delta = \frac{B_3}{\sin \alpha} = \frac{121.7}{0.707} = 172.1$$

Определяем допуск замыкающего элемента по формуле  $\Delta = TA_1 + TA_2 + TB_2$ :

$$T\Delta = 0.4 + 0.6 + 0.6 = 1.6$$

С помощью зависимости вычисляем координату середины поля допуска замыкающего элемента:

$$\Delta oA\Delta = \Delta o\overrightarrow{A_1} - \Delta o\overleftarrow{B_2} - \Delta o\overleftarrow{A_2} = -0.2 - 0 - 0 = -0.2$$

Находим предельные отклонения замыкающего элемента:

$$BOA\Delta = \Delta oA\Delta + \frac{T_{A\Delta}}{2} = -0.2 + \frac{1.6}{2} = 0.6,$$

$$HOA\Delta = \Delta oA\Delta - \frac{T_{A\Delta}}{2} = -0.2 - \frac{1.6}{2} = -1$$

Получаем элемент:

$$A_4 = 172.1^{+0.6}_{-1}$$

Находим элемент  $A_5$

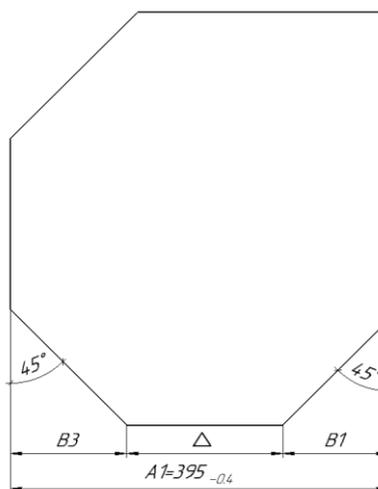


Рис.2.11 схема нахождения элемента  $A_5$

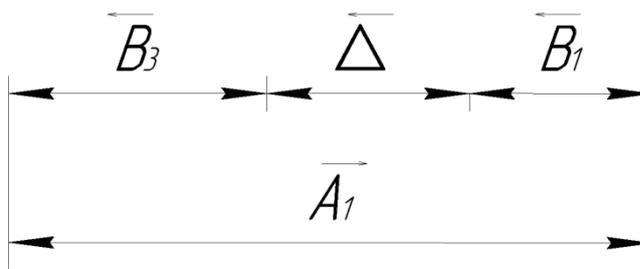


Рис.2.12 Схема размерной цепи

Находим длину замыкающего элемента по формуле  $\Delta = \overrightarrow{A_1} - \overleftarrow{B_3} - \overleftarrow{B_1}$ :

$$\Delta = 395 - 121.7 - 110 = 163.3$$

Определяем допуск замыкающего элемента по формуле  $\Delta = TA_1 + TA_2 + TB_2$ :

$$T_{\Delta} = 0.4 + 0.6 + 0.6 = 1.6$$

С помощью зависимости вычисляем координату середины поля допуска замыкающего элемента:

$$\Delta_{o\Delta} = \Delta_{o\overline{A_1}} - \Delta_{o\overline{B_3}} - \Delta_{o\overline{B_1}} = -0.2 - 0 - 0 = -0.2$$

Находим предельные отклонения замыкающего элемента:

$$BO_{\Delta} = \Delta_{o\Delta} + \frac{T_{\Delta}}{2} = -0.2 + \frac{1.6}{2} = 0.6,$$

$$HO_{\Delta} = \Delta_{o\Delta} - \frac{T_{\Delta}}{2} = -0.2 - \frac{1.6}{2} = -1$$

Получаем элемент:

$$A_5 = 163.3_{-1}^{+0.6}$$

Все известные значения звеньев и полученные в результате расчетов сведем в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 Значения звеньев размерной цепи

Размеры щеки		Размеры стенок	
A <sub>1</sub>	261.7 $_{-0.7}^{+0.3}$	A <sub>1</sub> '	261.1 $_{-0.5}$
A <sub>2</sub>	188.5 $_{-0.5}^{+0.5}$	A <sub>2</sub> '	187.9 $\pm 0.3$
A <sub>3</sub>	180 $\pm 0.6$	A <sub>3</sub> '	179.5 $\pm 0.3$
A <sub>4</sub>	172.1 $_{-1}^{+0.6}$	A <sub>4</sub> '	171.3 $\pm 0.3$
A <sub>5</sub>	163.3 $_{-1}^{+0.6}$	A <sub>5</sub> '	162.9 $\pm 0.3$
A <sub>6</sub>	155.6 $_{-0.9}^{+0.5}$	A <sub>6</sub> '	154.8 $\pm 0.3$
A <sub>7</sub>	325 $\pm 0.5$	A <sub>7</sub> '	146.3 $\pm 0.3$
		Δ	?
		A <sub>8</sub> '	184.5 $_{-0.3}$

Теперь, когда мы посчитали все недостающие элементы, то можем посчитать какой возникает зазор при сборке кожуха. Находим разницу между номинальными длинами сторон щек и стенок.

$$\begin{aligned} \Delta &= (A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7) - \\ &- (A'_1 + A'_2 + A'_3 + A'_4 + A'_5 + A'_6 + A'_7 + A'_8) = \\ &= (261.7 + 188.5 + 180 + 172.1 + 163.3 + 155.6 + 325) - \\ &-(261.1 + 187.9 + 179.5 + 171.3 + 162.9 + 154.8 + 146.3 + 184.5) = \\ &= 1446.2 - 1448.3 = -2.1 \end{aligned}$$

Определяем допуск замыкающего элемента по формуле  $TA_{\Delta} = TA_1 + TA_2 + \dots + TA'_8$ :

$$\begin{aligned} TA_{\Delta} &= 1 + 1 + 1.2 + 1.6 + 1.6 + 1.4 + 1 + 0.5 + \\ &+ 0.6 + 0.6 + 0.6 + 0.6 + 0.6 + 0.6 + 0.3 = 13.2 \end{aligned}$$

С помощью зависимости вычисляем координату середины поля допуска замыкающего элемента:

$$\Delta_{oA\Delta} = \Delta_{o\overline{EA}} - \Delta_{o\overline{EA}'} = -0.8 - (-0.4) = -0.4$$

Находим предельные отклонения замыкающего элемента:

$$\begin{aligned} BO_{A\Delta} &= \Delta_{oA\Delta} + \frac{TA_{\Delta}}{2} = -0.4 + \frac{13.2}{2} = 6.2, \\ HO_{A\Delta} &= \Delta_{oA\Delta} - \frac{TA_{\Delta}}{2} = -0.4 - \frac{13.2}{2} = -7 \end{aligned}$$

Получаем элемент:

$$\Delta = -2.1_{-7}^{+6.2} \quad \Delta_{max} = 4.1 \quad \Delta_{min} = -9.1$$

В результате анализа размерной цепи мы получили данные, которые нам показывают, что не всегда получается зазор с данными значениями и допусками, а при получении номинальных значений размеров всех

составляющих кожуха зазор вообще отсутствует. У всех деталей слишком большие допуски на размеры, которые мы использовали при расчете, в основном это качества 12-14. Данные качества были заданы конструкторами в советской время, когда оборудования, на котором изготавливали данные изделия не могло выполнить размеры с качеством выше. В настоящее время данные детали изготавливаются на современных вертикальных обрабатывающих центрах HYUNDAI-WIA F500, управляемые стойкой FANUC. Данные станки способны выдерживать размеры по 6 качеству[9].

## 2.2. Назначение новых размеров и допусков.

Назначим на щеках допуски максимально в +, а на стенках максимально в -, чтобы у нас гарантировано был зазор и сборка собиралась. Так же за счет старых допусков мы можем уменьшить линейные размеры стенок максимально, так как на нашем оборудовании мы выдержим эти требования.

Находим элемент  $A_6$

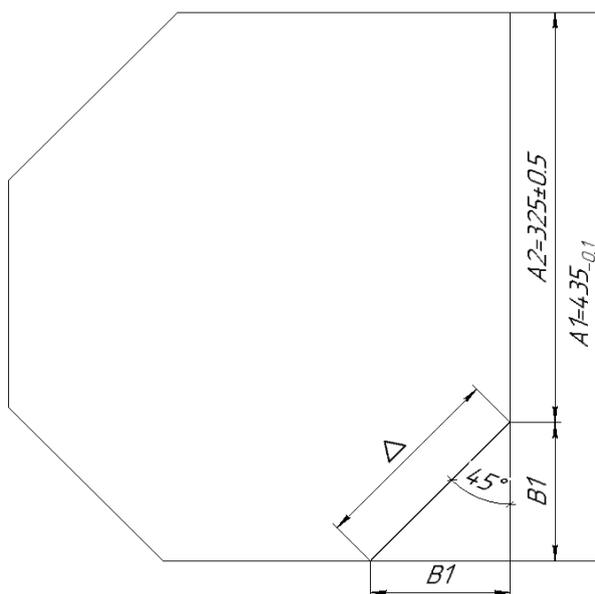


Рис.2.2.3 Схема нахождения элемента  $A_6$

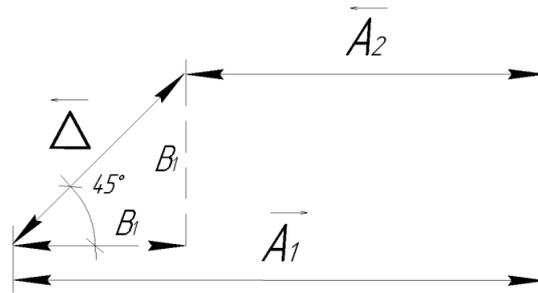


Рис.2.2.4 Схема размерной цепи

Находим длину замыкающего элемента по формуле  $B_1 = \overrightarrow{A_1} - \overleftarrow{A_2}$ :

$$B_1 = 435 - 325 = 110$$

$\Delta$  найдем через гипотенузу, по формуле  $\Delta = \frac{B}{\sin \alpha}$

$$\Delta = \frac{110}{0.707} = 155.6$$

Определяем допуск замыкающего элемента по формуле  $\Delta = TA_1 + TA_2$ :

$$TA_{\Delta} = 0.1 + 0.5 = 0.6$$

С помощью зависимости вычисляем координату середины поля допуска замыкающего элемента:

$$\Delta_{oA\Delta} = \Delta_{oA_1} - \Delta_{oA_2} = 0.05 - 0.25 = -0.2$$

Находим предельные отклонения замыкающего элемента:

$$BO_{A\Delta} = \Delta_{oA\Delta} + \frac{TA_{\Delta}}{2} = -0.2 + \frac{0.6}{2} = 0.1,$$

$$HO_{A\Delta} = \Delta_{oA\Delta} - \frac{TA_{\Delta}}{2} = -0.2 - \frac{0.6}{2} = -0.5$$

Получаем элемент:

$$A_6 = 155.6_{-0.5}^{+0.1}$$

Находим элемент  $A_2$

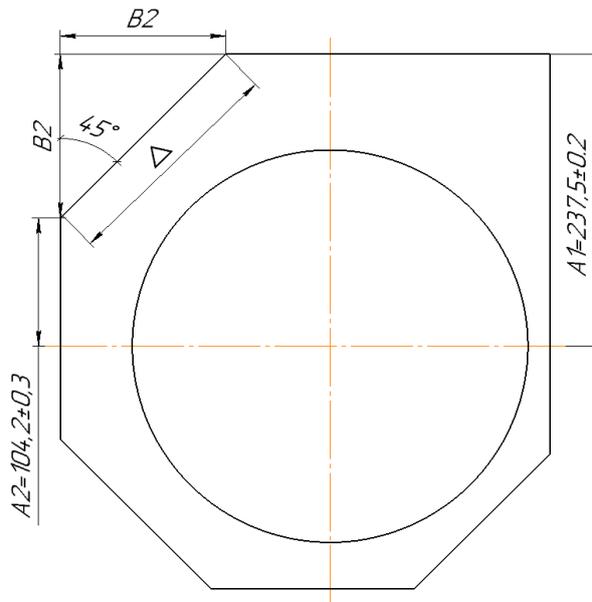


Рис.2.2.5 схема нахождения элемента  $A_2$

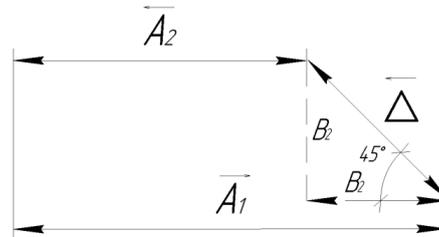


Рис.2.2.6 Схема размерной цепи

Находим длину замыкающего элемента по формуле  $B_2 = \overrightarrow{A_1} - \overleftarrow{A_2}$ :

$$B_2 = 237.5 - 104.2 = 133.3$$

$\Delta$  найдем через гипотенузу, по формуле  $\Delta = \frac{B}{\sin \alpha}$ :

$$\Delta = \frac{133.3}{0.707} = 188.5$$

Определяем допуск замыкающего элемента по формуле  $\Delta = TA_1 + TA_2$ :

$$TA_{\Delta} = 0.2 + 0.3 = 0.5$$

С помощью зависимости вычисляем координату середины поля допуска замыкающего элемента:

$$\Delta_{0A\Delta} = \Delta_{0\overrightarrow{A_1}} - \Delta_{0\overleftarrow{A_2}} = 0.1 - 0.15 = -0.05$$

Находим предельные отклонения замыкающего элемента:

$$BOA\Delta = \Delta oA\Delta + \frac{TA\Delta}{2} = -0.05 + \frac{0.5}{2} = 0.2,$$

$$HOA\Delta = \Delta oA\Delta - \frac{TA\Delta}{2} = -0.05 - \frac{0.5}{2} = -0.3$$

Получаем элемент:

$$A_2 = 188.5_{-0.3}^{+0.2}$$

Находим элемент  $A_1$

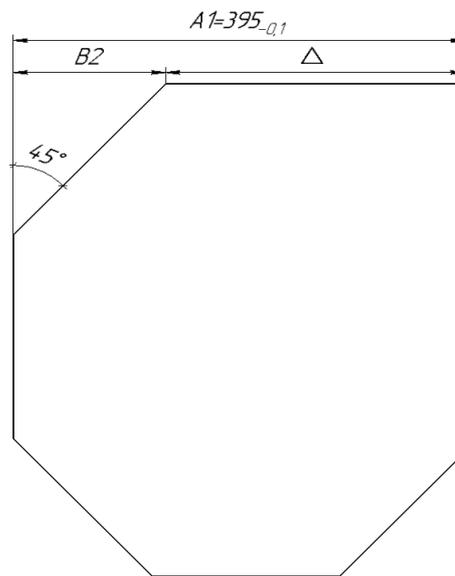


Рис.2.2.7 схема нахождения элемента  $A_1$

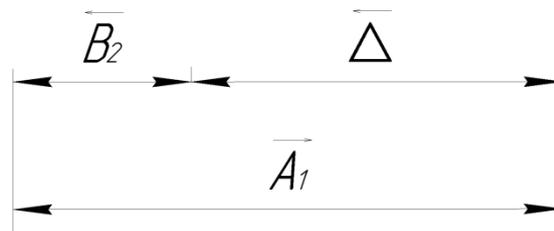


Рис.2.2.8 Схема размерной цепи

Находим длину замыкающего элемента по формуле  $\Delta = \overline{A_1} - \overline{B_2}$ :

$$\Delta = 395 - 133.3 = 261.7$$

Определяем допуск замыкающего элемента по формуле  $\Delta = TA_1 + TB_2$ :

$$TA\Delta = 0.1 + 0.3 = 0,4$$

С помощью зависимости вычисляем координату середины поля допуска замыкающего элемента:

$$\Delta oA\Delta = \Delta o\overline{A_1} - \Delta o\overline{B_2} = -0.05 - 0.15 = -0.2$$

Находим предельные отклонения замыкающего элемента:

$$BOA\Delta = \Delta oA\Delta + \frac{TA\Delta}{2} = -0.2 + \frac{0.4}{2} = 0,$$

$$HOA\Delta = \Delta oA\Delta - \frac{TA\Delta}{2} = -0.2 - \frac{0.4}{2} = -0.4$$

Получаем элемент:

$$A_1 = 261.7 - 0.4$$

Находим элемент  $A_4$

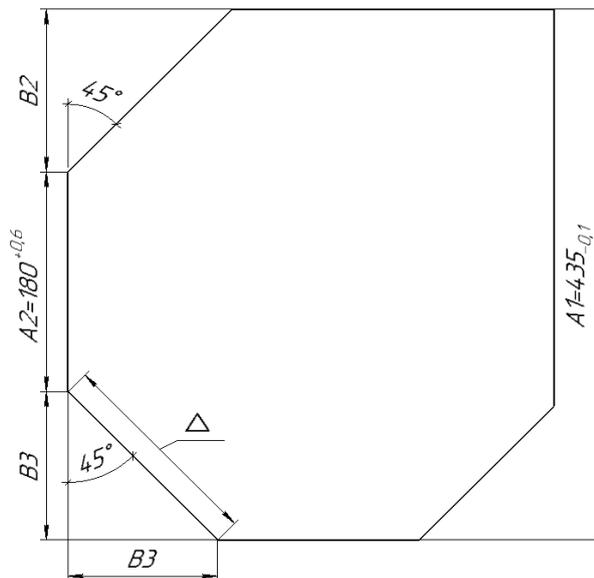


Рис.2.2.9 схема нахождения элемента  $A_4$

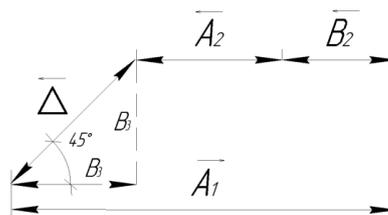


Рис.2.2.10 Схема размерной цепи

Находим длину замыкающего элемента по формуле  $B_3 = \overrightarrow{A_1} - \overleftarrow{A_2} - \overleftarrow{B_2}$ :

$$B_3 = 435 - 180 - 133.3 = 121.7$$

$\Delta$  найдем через гипотенузу, по формуле  $\Delta = \frac{B}{\sin \alpha}$ :

$$\Delta = \frac{121.7}{0.707} = 172.1$$

Определяем допуск замыкающего элемента по формуле  $\Delta = TA_1 + TA_2 + TB_2$ :

$$TA\Delta = 0.1 + 0.3 + 0.3 = 0.7$$

С помощью зависимости вычисляем координату середины поля допуска замыкающего элемента:

$$\Delta oA\Delta = \Delta o\overrightarrow{A_1} - \Delta o\overleftarrow{B_2} - \Delta o\overleftarrow{A_2} = 0.05 - 0.15 - 0.15 = -0.25$$

Находим предельные отклонения замыкающего элемента:

$$BOA\Delta = \Delta oA\Delta + \frac{TA\Delta}{2} = -0.25 + \frac{0.7}{2} = 0.1,$$

$$HOA\Delta = \Delta oA\Delta - \frac{TA\Delta}{2} = -0.25 - \frac{0.7}{2} = -0.6$$

Получаем элемент:

$$A_4 = 172.1_{-0.6}^{+0.1}$$

Находим элемент  $A_5$

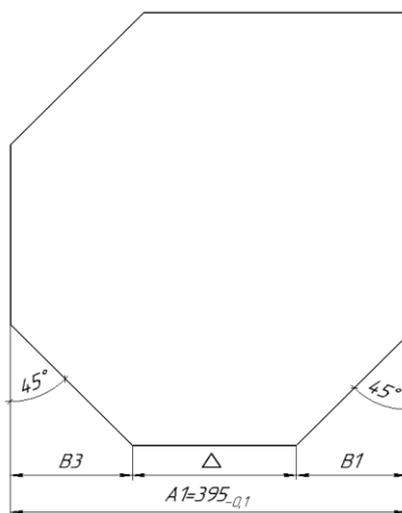


Рис.2.2.11 схема нахождения элемента  $A_5$

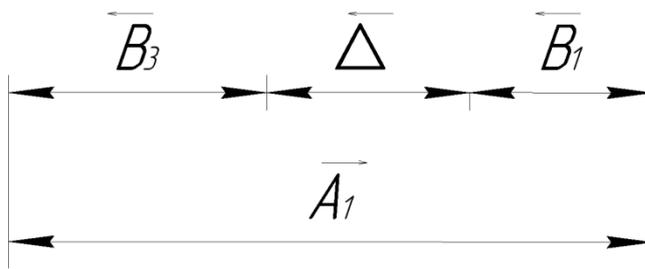


Рис.2.2.12 Схема размерной цепи

Находим длину замыкающего элемента по формуле  $\Delta = \overrightarrow{A_1} - \overleftarrow{B_3} - \overleftarrow{B_1}$ :

$$\Delta = 395 - 121.7 - 110 = 163.3$$

Определяем допуск замыкающего элемента по формуле  $\Delta = TA_1 + TB_3 + TB_1$ :

$$TA_{\Delta} = 0.1 + 0.3 + 0.3 = 0.7$$

С помощью зависимости вычисляем координату середины поля допуска замыкающего элемента:

$$\Delta_{oA\Delta} = \Delta_{o\overrightarrow{A_1}} - \Delta_{o\overleftarrow{B_3}} - \Delta_{o\overleftarrow{B_1}} = 0.05 - 0.15 - 0.15 = -0.25$$

Находим предельные отклонения замыкающего элемента:

$$BO_{A\Delta} = \Delta_{oA\Delta} + \frac{TA_{\Delta}}{2} = -0.25 + \frac{0.7}{2} = 0.1,$$

$$\text{НОАД} = \Delta_{\text{оАД}} - \frac{\text{ТАД}}{2} = -0.25 - \frac{0.7}{2} = -0.6$$

Получаем элемент:

$$A_5 = 163.3_{-0.6}^{+0.1}$$

Таблица 2.2.13 Значения звеньев размерной цепи с новыми допусками

Размеры щеки		Размеры стенок	
A <sub>1</sub>	261.7 <sub>-0.4</sub>	A' <sub>1</sub>	260.6 <sup>+0.1</sup>
A <sub>2</sub>	188.5 <sub>-0.3</sub> <sup>+0.2</sup>	A' <sub>2</sub>	187.6 <sup>+0.1</sup>
A <sub>3</sub>	180 <sup>+0.6</sup>	A' <sub>3</sub>	179.2 <sup>+0.1</sup>
A <sub>4</sub>	172.1 <sub>-0.6</sub> <sup>+0.1</sup>	A' <sub>4</sub>	171 <sup>+0.1</sup>
A <sub>5</sub>	163.3 <sub>-0.6</sub> <sup>+0.1</sup>	A' <sub>5</sub>	162.6 <sup>+0.1</sup>
A <sub>6</sub>	155.6 <sub>-0.5</sub> <sup>+0.1</sup>	A' <sub>6</sub>	154.5 <sup>+0.1</sup>
A <sub>7</sub>	325 <sup>+0.5</sup>	A' <sub>7</sub>	146 <sup>+0.1</sup>
		Δ	?
		A' <sub>8</sub>	184.2 <sup>+0.1</sup>

Теперь, когда мы посчитали все недостающие элементы, то можем посчитать какой возникает зазор при сборке кожуха. Находим разницу между номинальными длинами сторон щек и стенок.

$$\begin{aligned} \Delta &= (A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7) - \\ &- (A'_1 + A'_2 + A'_3 + A'_4 + A'_5 + A'_6 + A'_7 + A'_8) = \\ &= (261.7 + 188.5 + 180 + 172.1 + 163.3 + 155.6 + 325) - \\ &-(260.6 + 187.6 + 179.2 + 171 + 162.6 + 154.5 + 146 + 184.2) = \\ &= 1446.2 - 1445.7 = 0.5 \end{aligned}$$

Определяем допуск замыкающего элемента по формуле  $\text{ТАД} = \text{ТА}_1 + \text{ТА}_2 + \dots + \text{ТА}'_8$ :

$$\text{ТАД} = 0.4 + 0.5 + 0.6 + 0.7 + 0.7 + 0.6 + 0.5 + (0.1 * 8) = 4.8$$

С помощью зависимости вычисляем координату середины поля допуска замыкающего элемента:

$$\Delta_{oA\Delta} = \Delta_{o\overrightarrow{EA}} - \Delta_{o\overleftarrow{EA'}}$$

$$\Delta_{o\overrightarrow{EA}} = (-0.2) + (-0.05) + 0.3 + (-0.2) + (-0.2) + (-0.2) + 0.25 - 0.3$$

$$\Delta_{o\overleftarrow{EA'}} = (0.05 + 0.05 + 0.05 + 0.05 + 0.05 + 0.05 + 0.05 + 0.05) = 0.4$$

$$\Delta_{oA\Delta} = -0.3 - 0.4 = -0.7$$

Находим предельные отклонения замыкающего элемента:

$$BO_{A\Delta} = \Delta_{oA\Delta} + \frac{T_{A\Delta}}{2} = -0.7 + \frac{4.8}{2} = 1.7,$$

$$HO_{A\Delta} = \Delta_{oA\Delta} - \frac{T_{A\Delta}}{2} = -0.7 - \frac{4.8}{2} = -3.1$$

Получаем элемент:

$$\Delta = 0.5_{-3.1}^{+1.7} \quad \Delta_{\max} = 2.2 \quad \Delta_{\min} = -2.6$$

В итоге получили положительное номинальное значение, но с нижним отклонением может возникнуть натяг. Зададим нужный нам допуск на замыкающее звено и решим прямую задачу методом максимума–минимума [3].

$$\text{Зададим } \Delta = 0.5^{+3.5}$$

Сумма допуском стенок и сторон щек должна равняться 3.5. Так как допуски на стенки и так минимальны, то сужаем допуски на стороны щек и записываем все в таблицу 1.3., оставляя элемент  $A_1$  без допуска.

Таблица 2.2.14 Значения звеньев размерной цепи с новыми допусками

Размеры щек		Размеры стенок	
$A_1$	$261.7\Delta$	$A'_1$	$260.6^{+0.1}$
$A_2$	$188.5 \pm 0.2$	$A'_2$	$187.6^{+0.1}$
$A_3$	$180^{+0.4}$	$A'_3$	$179.2^{+0.1}$
$A_4$	$172.1 \pm 0.2$	$A'_4$	$171^{+0.1}$
$A_5$	$163.3 \pm 0.2$	$A'_5$	$162.6^{+0.1}$
$A_6$	$155.6 \pm 0.2$	$A'_6$	$154.5^{+0.1}$
$A_7$	$325^{+0.4}$	$A'_7$	$146^{+0.1}$
		$\Delta$	$0.5^{+3.5}$
		$A'_8$	$184.2^{+0.1}$

Посчитаем допуск для  $A_1$ .

Получим формулу  $\Delta' = \Delta - \sum A - \sum A'$ , где

$\sum A$  = сумма допусков сторон щеки;

$\sum A'$  = сумма допусков стенок.

$$\sum A = 0.4 + 0.4 + 0.4 + 0.4 + 0.4 + 0.4 = 2.4,$$

$$\sum A' = 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 = 0.8,$$

$$\Delta' = 3.5 - 2.4 - 0.8 = 0.3$$

С помощью зависимости вычисляем координату середины поля допуска замыкающего элемента:

$$\Delta_{oA\Delta} = (0 + 0.2 + 0 + 0 + 0 + 0.2) - (0.05 * 8) = 0$$

Находим предельные отклонения замыкающего элемента:

$$BO_{A\Delta} = \Delta_{oA\Delta} + \frac{TA_{\Delta}}{2} = 0 + \frac{0.3}{2} = 0.15,$$

$$HO_{A\Delta} = \Delta_{oA\Delta} - \frac{TA_{\Delta}}{2} = 0 - \frac{0.3}{2} = -0.15$$

Получаем элемент:

$$A_1 = 261.7 \pm 0.15$$

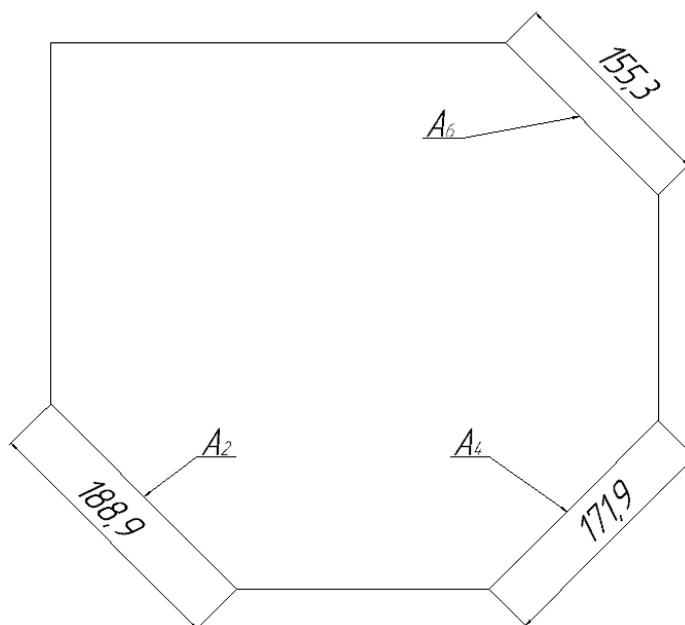
Были подобраны допуски, которые гарантируют конечную сборку детали, но мы не учли угловые размеры и приняли их за номинал, без учета допусков, а ведь углы не могут гарантировано получаться в номинальном значении.



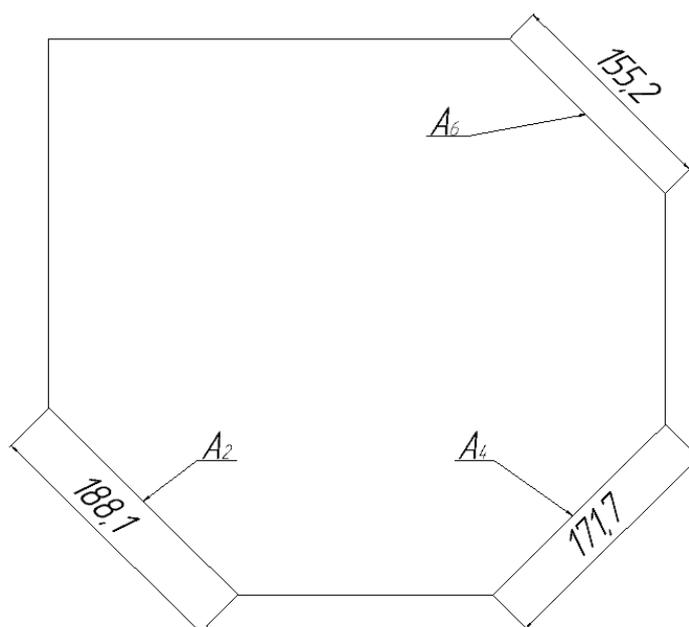
*Рис. 2.3.2 Общая схема минимальных значений всех размеров*

Посчитаем номинальное значение каждой из полученных сторон и назначим допуск, исходя из полученных значений длины.

Теперь посчитаем размерную цепь сборки кожуха с данными значениями. Так как мы построили обе цепочки полностью, то можем просто измерить длины, а не считать как в прошлом разделе.



*Рис. 2.3.3 Схема длин угловых размеров при максимальных значениях*



*Рис. 2.3.4 Схема длин угловых размеров при минимальных значениях*

Посчитаем номинальное значение каждой из полученных сторон и назначим допуск, исходя из полученных значений длины.

Все известные значения звеньев и полученные в результате измерений сведем в таблицу 2.3.5.

Таблица 2.3.5 Значения звеньев размерной цепи

Размеры щеки		Размеры стенок	
A <sub>1</sub>	261.4±0.4	A` <sub>1</sub>	261.1 <sub>-0.5</sub>
A <sub>2</sub>	188.5±0.4	A` <sub>2</sub>	187.9±0.3
A <sub>3</sub>	180±0.6	A` <sub>3</sub>	179.5±0.3
A <sub>4</sub>	171.8±0.1	A` <sub>4</sub>	171.3±0.3
A <sub>5</sub>	163.4 ±0,5	A` <sub>5</sub>	162.9±0.3
A <sub>6</sub>	155.25±0.05	A` <sub>6</sub>	154.8±0.3
A <sub>7</sub>	325±0.5	A` <sub>7</sub>	146.3±0.3
		Δ	?
		A` <sub>8</sub>	184.5 <sub>-0.3</sub>

Теперь, когда мы посчитали все недостающие элементы, то можем посчитать какой возникает зазор при сборке кожуха. Находим разницу между номинальными длинами сторон щек и стенок.

$$\begin{aligned}
 \Delta &= (A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7) - \\
 &\quad - (A'_1 + A'_2 + A'_3 + A'_4 + A'_5 + A'_6 + A'_7 + A'_8) = \\
 &= (261.4 + 188.5 + 180 + 171.8 + 163.4 + 155.25 + 325) - \\
 &\quad - (260.6 + 187.6 + 179.2 + 171 + 162.6 + 154.5 + 146 + 184.2) = \\
 &= 1445.35 - 1445.7 = -0.35
 \end{aligned}$$

Определяем допуск замыкающего элемента по формуле  $TA\Delta = TA_1 + TA_2 + \dots + TA'_8$ :

$$\begin{aligned}
 TA\Delta &= 0.8 + 0.8 + 1.2 + 0.2 + 1 + 0.1 + 1 + \\
 &\quad + 0.5 + 0.6 + 0.6 + 0.6 + 0.6 + 0.6 + 0.6 + 0.3 = 9.5
 \end{aligned}$$

С помощью зависимости вычисляем координату середины поля допуска замыкающего элемента:

$$\Delta_{oA\Delta} = \Delta_{o\vec{EA}} - \Delta_{o\vec{EA}'} = 0 - ((-0.25) + (-0.15)) = -0.4$$

Находим предельные отклонения замыкающего элемента:

$$BO_{A\Delta} = \Delta_{oA\Delta} + \frac{T_{A\Delta}}{2} = -0.4 + \frac{9.5}{2} = 4.35,$$

$$NO_{A\Delta} = \Delta_{oA\Delta} - \frac{T_{A\Delta}}{2} = -0.4 - \frac{9.5}{2} = -5.15$$

Получаем элемент:

$$\Delta = -0.35_{-5.15}^{+4.35} \quad \Delta_{\max} = 4 \quad \Delta_{\min} = -5.5$$

Как видно из результатов, при сборке так же может возникать что натяг, что зазор. Поэтому построим чертеж аналогично с новыми уже выше принятыми допусками и посчитаем зазор, учитывая угловые размеры.

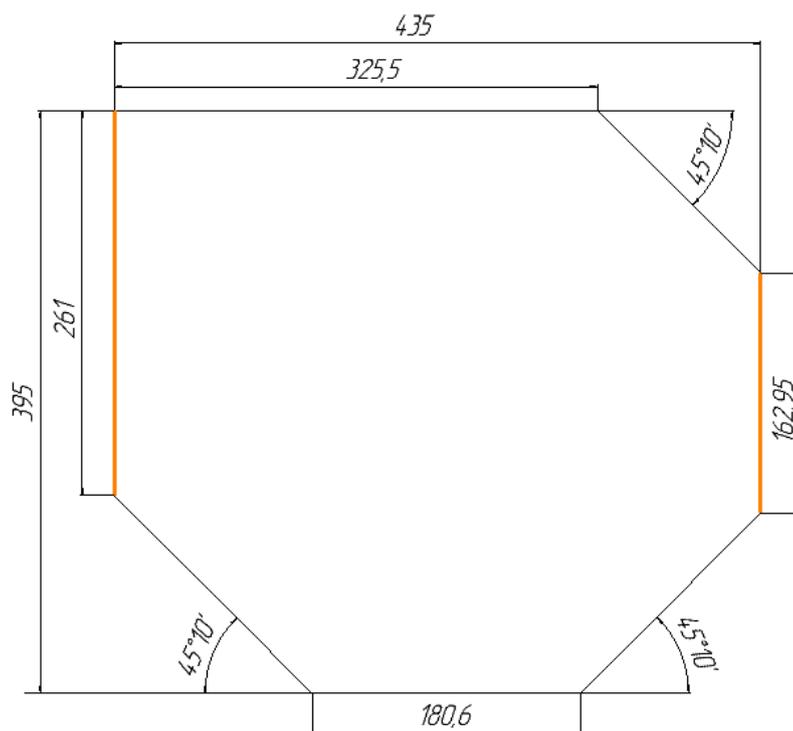


Рис. 2.3.6 Общая схема максимальных значений всех размеров

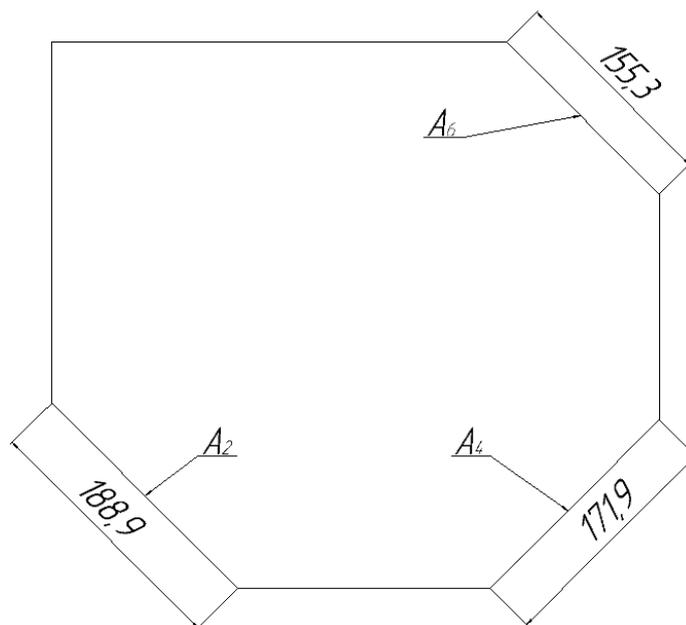


Рис. 2.3.7 Схема длин угловых размеров при максимальных значениях

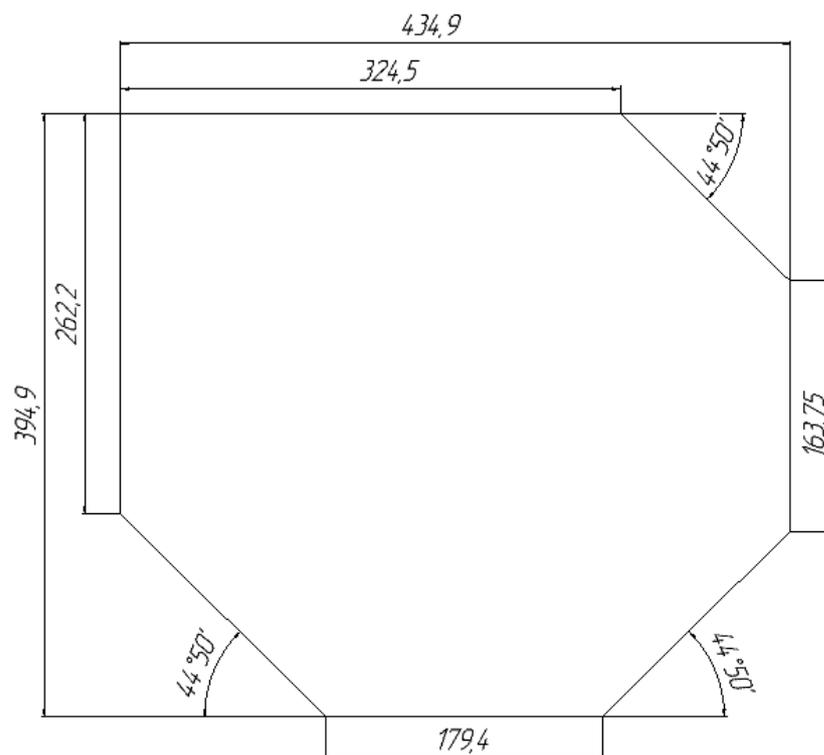


Рис. 2.3.8 Общая схема минимальных значений всех размеров

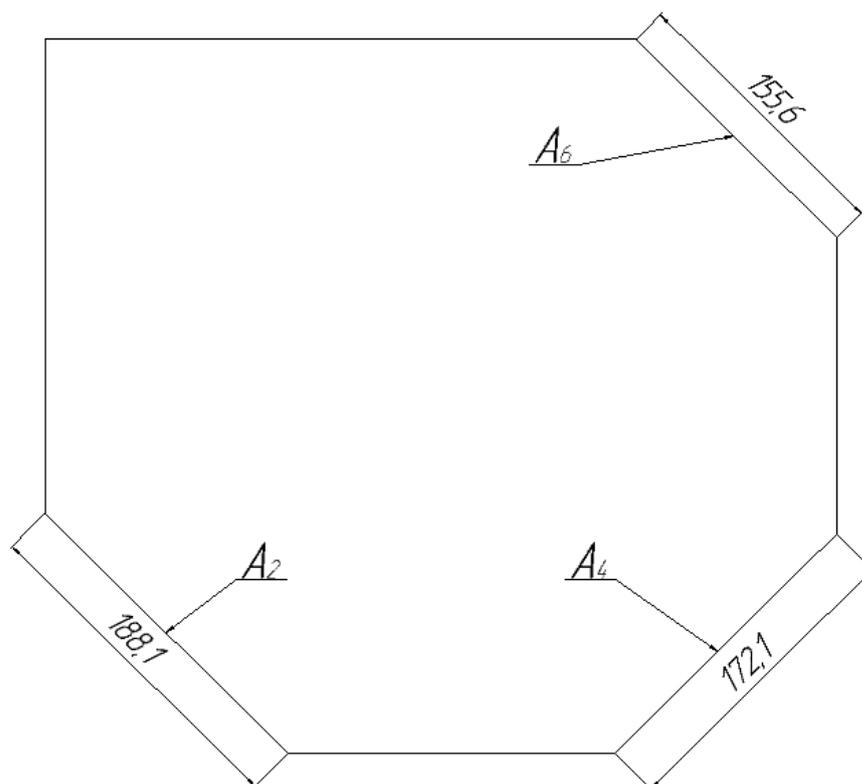


Рис. 2.3.9 Схема длин угловых размеров при максимальных значениях

Учитывая угловые размеры, длины не контролируемых сторон и новые, ранее назначенные, допуски и размеры на щеку сведем все в таблицу 2.3.10.

Таблица 2.3.10 Значения звеньев размерной цепи

Размеры щеки		Размеры стенок	
$A_1$	$261.6 \pm 0.6$	$A'_1$	$260.6^{+0.1}$
$A_2$	$188.5 \pm 0.4$	$A'_2$	$187.6^{+0.1}$
$A_3$	$180^{+0.4}$	$A'_3$	$179.2^{+0.1}$
$A_4$	$172 \pm 0.1$	$A'_4$	$171^{+0.1}$
$A_5$	$163.3 \pm 0.4$	$A'_5$	$162.6^{+0.1}$
$A_6$	$155.4 \pm 0.1$	$A'_6$	$154.5^{+0.1}$
$A_7$	$325^{+0.4}$	$A'_7$	$146^{+0.1}$
		$\Delta$	?
		$A'_8$	$184.2^{+0.1}$

Теперь, когда все необходимые значения нам известны, посчитаем какой будет зазор\натяг при сборке кожуха, учитывая углы. Находим разницу между номинальными длинами сторон щек и стенок.

$$\begin{aligned} \Delta &= (A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7) - \\ &- (A'_1 + A'_2 + A'_3 + A'_4 + A'_5 + A'_6 + A'_7 + A'_8) = \\ &= (261.6 + 188.5 + 180 + 172 + 163.3 + 155.4 + 325) - \\ &- (260.6 + 187.6 + 179.2 + 171 + 162.6 + 154.5 + 146 + 184.2) = \\ &= 1445.8 - 1445.7 = 0.1 \end{aligned}$$

Определяем допуск замыкающего элемента по формуле  $TA_{\Delta} = TA_1 + TA_2 + \dots + TA'_8$ :

$$TA_{\Delta} = 1.2 + 0.8 + 0.4 + 0.2 + 0.8 + 0.2 + 0.4 + (0.1 * 8) = 4.8$$

С помощью зависимости вычисляем координату середины поля допуска замыкающего элемента:

$$\Delta o_{A\Delta} = \Delta o_{\overline{EA}} - \Delta o_{\overline{EA}'} = (0.2 + 0.2) - (0.05 * 8) = 0.4 - 0.4 = 0$$

Находим предельные отклонения замыкающего элемента:

$$BO_{A\Delta} = \Delta o_{A\Delta} + \frac{TA_{\Delta}}{2} = 0 + \frac{4.8}{2} = 2.4,$$

$$HO_{A\Delta} = \Delta o_{A\Delta} - \frac{TA_{\Delta}}{2} = 0 - \frac{4.8}{2} = -2.4$$

Получаем элемент:

$$\Delta = 0.1 \pm 2.4 \quad \Delta_{\max} = 2.5 \quad \Delta_{\min} = -2.3$$

Как можно видеть у нас получается натяг и зазор, так что для получения гарантированного зазора зададим свой допуск и посчитаем для элемента  $A_7$  припуск.

$$\text{Зададим } \Delta = 0.1^{+0.35}$$

Сумма допусков стенок и щек должна равняться 3.5. Решим прямую задачу методом максимума-минимума [3]. Так как допуски на стенки и так минимально заданы, то сужаем стороны щек и записываем результаты в таблицу 2.3.11.

Таблица 2.3.11 Значения звеньев размерной цепи с новыми допусками

Размеры щeki		Размеры стенок	
A <sub>1</sub>	261.6±0.4	A` <sub>1</sub>	260.6 <sup>+0.1</sup>
A <sub>2</sub>	188.5±0.2	A` <sub>2</sub>	187.6 <sup>+0.1</sup>
A <sub>3</sub>	180 <sup>+0.3</sup>	A` <sub>3</sub>	179.2 <sup>+0.1</sup>
A <sub>4</sub>	172±0.1	A` <sub>4</sub>	171 <sup>+0.1</sup>
A <sub>5</sub>	163.3±0.2	A` <sub>5</sub>	162.6 <sup>+0.1</sup>
A <sub>6</sub>	155.4±0.1	A` <sub>6</sub>	154.5 <sup>+0.1</sup>
A <sub>7</sub>	325Δ	A` <sub>7</sub>	146 <sup>+0.1</sup>
		Δ	0.1 <sup>+0.35</sup>
		A` <sub>8</sub>	184.2 <sup>+0.1</sup>

Посчитаем допуск для A<sub>1</sub>.

Получим такую формулу  $\Delta' = \Delta - \sum A - \sum A'$ , где

$\sum A$  = сумма допусков сторон щeki;

$\sum A'$  = сумма допусков стенок.

$$\sum A' = (0.8 + 0.4 + 0.3 + 0.2 + 0.4 + 0.2) = 2.3,$$

$$\sum A = (0.1 + 0.1 + 0.1 + 0.1 + 0.1 + 0.1 + 0.1) = 0.8,$$

$$\Delta' = 3.5 - 2.3 - 0.8 = 0.4$$

С помощью зависимости вычисляем координату середины поля допуска замыкающего элемента:

$$\Delta_0 A_\Delta = (0 + 0 + 0.15 + 0 + 0 + 0.2) - (0.05 * 8) = -0.25$$

Находим предельные отклонения замыкающего элемента:

$$BOA\Delta = \Delta oA\Delta + \frac{TA\Delta}{2} = -0.25 + \frac{0.4}{2} = -0.05,$$

$$HOA\Delta = \Delta oA\Delta - \frac{TA\Delta}{2} = -0.25 - \frac{0.4}{2} = -0.45$$

Получаем элемент:

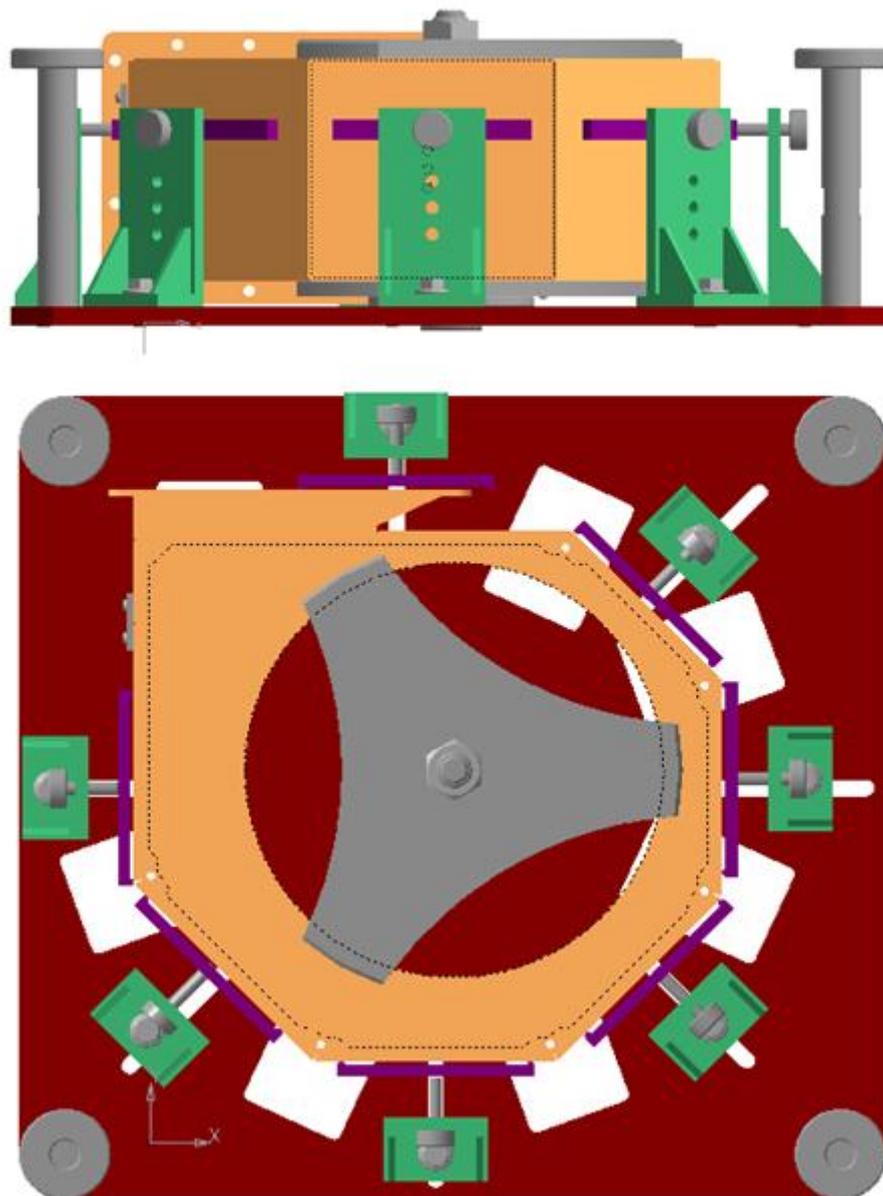
$$A_1 = 325_{-0.4}$$

С такими допусками сборка гарантировано соберется, при изготовлении деталей с любыми заданными допусками и кожух не будет получаться кривым, что затрудняет или вообще исключает изготовления кожуха на последующих операциях.

### **3. Приспособление для сборки и сварки кожуха.**

#### **3.1. Обзор заводского приспособления.**

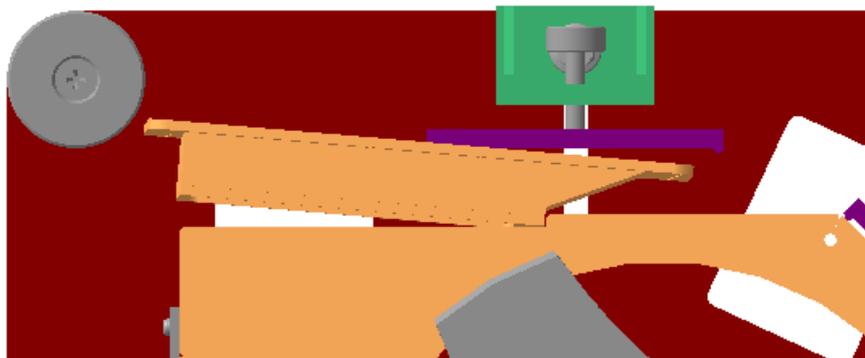
На рис. 3.1. показано приспособление ЕИЖА. 72.213-01.



*Рис.3.1 приспособление для сварки кожуха в 3D*

Одна щека снизу кладется на диск и другим диском придавливается, далее через втулку надевается диск и на него кладется вторая щека, так же придавливаясь диском и зажимаясь сверху гайкой. По контуру к щекам прислоняются стенки и придавливаются винтами.

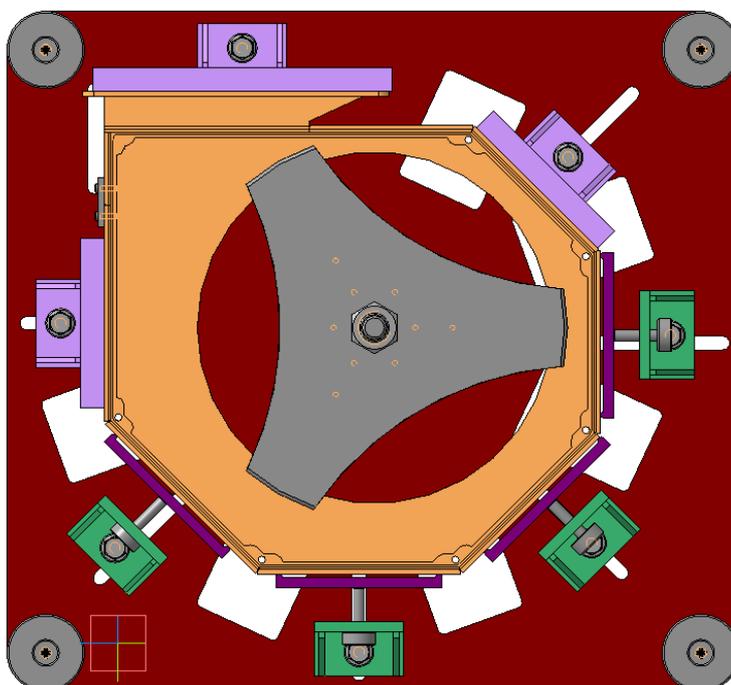
При анализе данного приспособления мною было выявлено несколько недостатков: все стенки давят в центр, хотя по чертежу размерная цепи задана от левого верхнего угла, и при зажатии фланца винтом его в некоторых случаях отгибает, как показано ниже на рисунке 3.2.



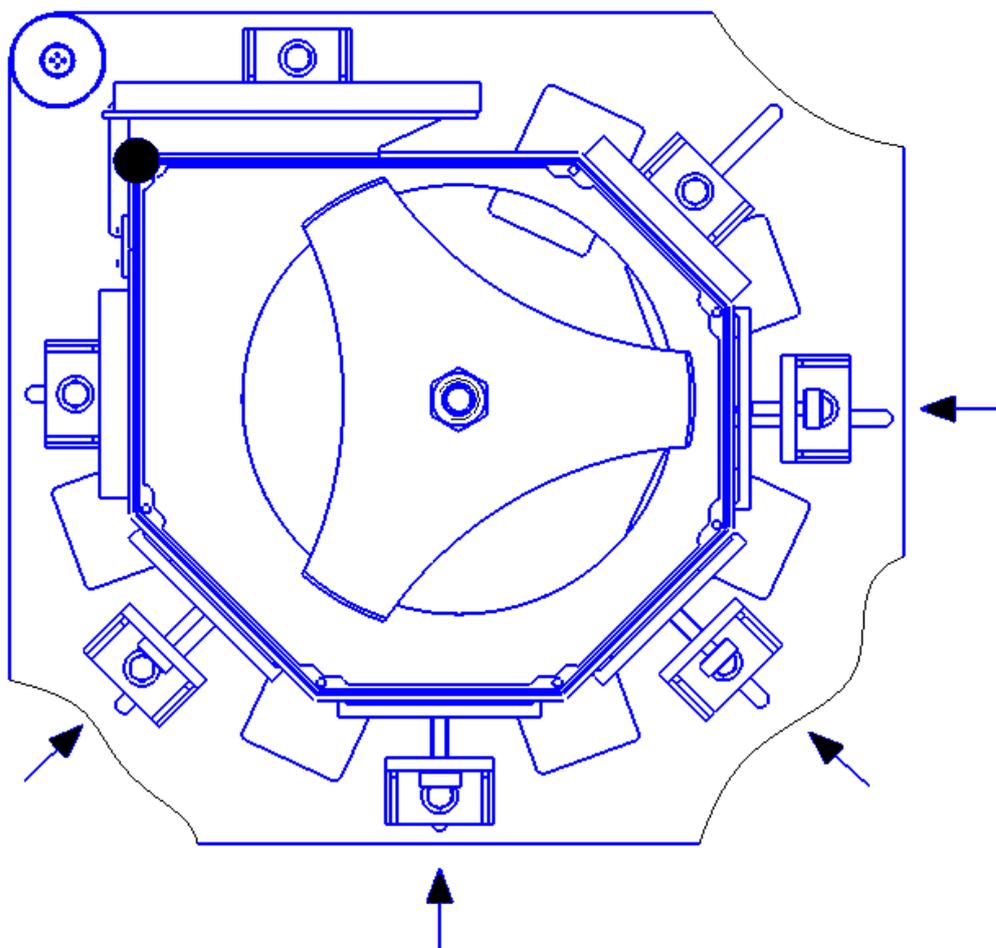
*Рис. 3.2 Схема отгибания фланца*

### **3.2. Новое приспособление**

Для решения этих проблем есть предложение, нужно совместить технологическую базу с конструкторской, для этого будем давить в базовую сторону, в упоры. База для проектирования упоров была взята из стоек для винтов. На рис. 3.3. представлено новое приспособление.



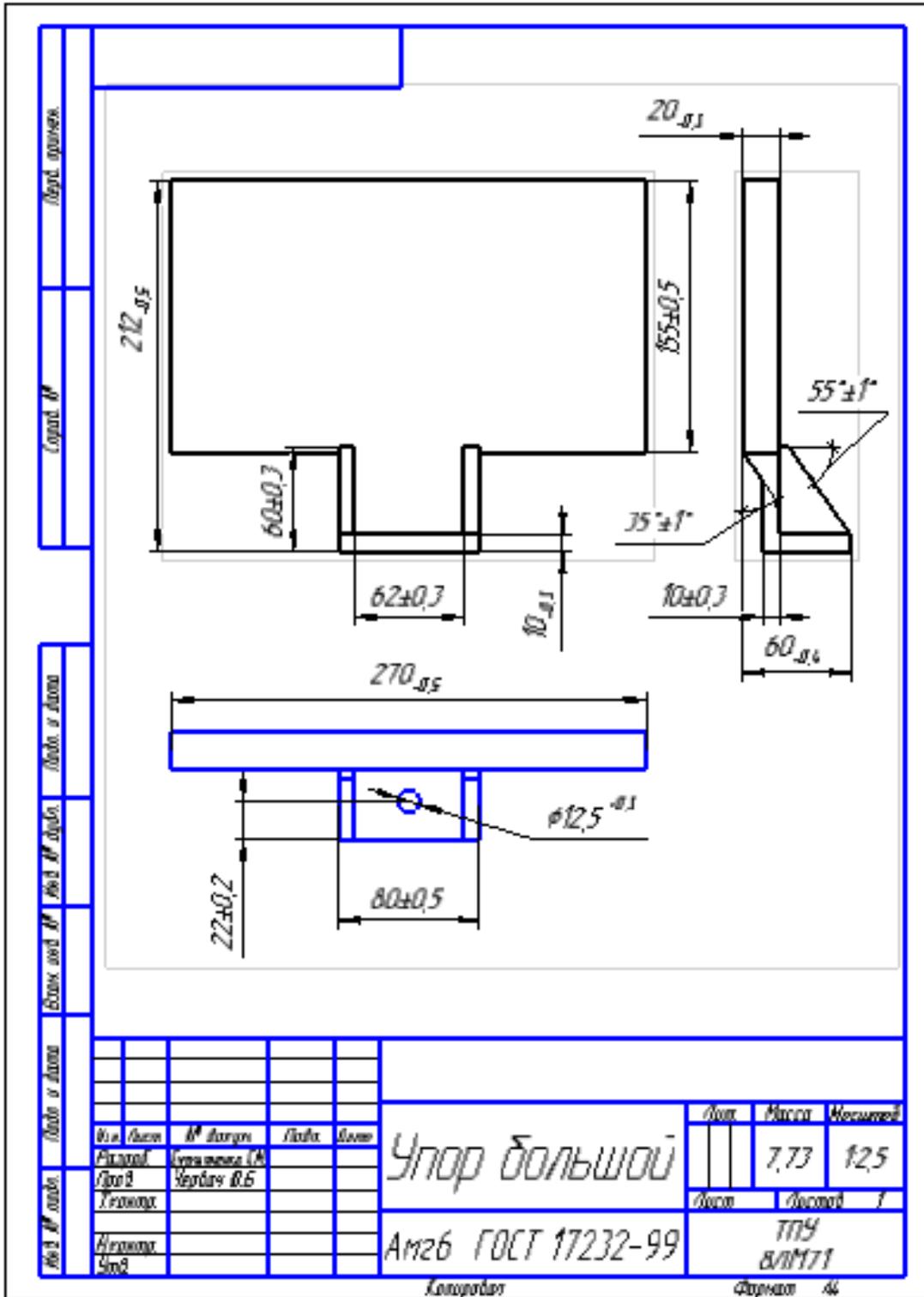
*Рис.3.3 Новое приспособление в 3D*



*Рис.3.4 Схема сборки*

Стрелками показано откуда мы давим на кожух в сторону базы, обозначенной кругом, следовательно тем самым конструкторская и технологическая база объединилась.

Ниже представлены спроектированные упоры для нового приспособления.





## Заключение

При исследовании проблемы изготовления кожуха на предприятии АО НПЦ «Полнос», были выявлены следующие недочеты:

- нецелесообразно заданы допуски на размеры, от которых зависит сборка изделия;
- отсутствует общая база начала размерной цепи;
- кожух в приспособлении не всегда собирается, часто приходится подбивать стенки к кожуху, так как в сборке может отсутствовать зазор;
- недочет при давлении одной части кожуха к щеке, в следствии ее отгибает;
- конструкторская и сборочная база не совпадают.

Для решения выше перечисленных проблем была посчитана размерная цепь, изменены некоторые размеры и допуски с которыми гарантировался зазор. Изменен принцип сборки кожуха, теперь винты давят в базовую сторону кожуха. Разработаны 2 типа упоров в которые давят всю конструкцию в сборочном приспособлении.

Данные рекомендации должны значительно сократить брак при производстве на предприятии АО НПЦ «Полнос» кожухов данного типа и облегчить их производство.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8ЛМ71	Емельяненко Сергей Михайлович

<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение</b>	<b>Материаловедение</b>
<b>Уровень образования</b>	<b>Магистратура</b>	<b>Направление/специальность</b>	150401/Машиностроение

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. *Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих*

2. *Нормы и нормативы расходования ресурсов*

3. *Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования*

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. *Разработка устава научно-технического проекта*

2. *Планирование процесса управления НИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок*

3. *Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности*

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. *Линейный график работ*

**Дата выдачи задания для раздела по линейному графику**

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Конотопский Владимир Юрьевич	К.Э.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8ЛМ71	Емельяненко Сергей Михайлович		

## **4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

### **4.1 Краткое описание выполненной работы**

Выяснения причины кривизны и брака детали «Кожух», изготавливаемую, на предприятии АО НПЦ «Полус». Рассчитали размерную цепь и выяснили, что сборка не имеет зазор при сборке под сварку, для решения данной проблемы изменили допуски. Далее проанализировали оснастку, в которой собирается кожух под сварку, изменили принцип сборки детали, учли недостатки заводской конструкции приспособления.

### **4.2 Инициация проекта**

#### **4.2.1 Цели и результат проекта**

В данном разделе приведена информация о заинтересованных сторонах проекта, иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

*Табл. 4.1 Информация по заинтересованным сторонам проекта*

<b>№ п/п</b>	<b>ФИО, основное место работы, должность</b>	<b>Роль в проекте</b>	<b>Функции</b>	<b>Трудо- затраты, час.</b>
1.	Инженер (магистрант)	Исполнитель по проекту	Исследование проблемы, предложение пути решения, обоснование своих решений	2232
2.	Руководитель проекта	Отвечает за реализацию проекта	Координирует деятельность участников проекта	124
<b>ИТОГО:</b>				<b>2356</b>

### **4.3 План проекта**

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта.

Линейный график представляется в таблице 4.2.

Таблица 4.2 Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Составления технологического задания	2	8.02.2018	10.02.2018	Червач Ю.Б.
2	Выбор направления исследования	2	10.02.2018	12.02.2018	Червач Ю.Б.
3	Изучение проблемы	42	13.02.2018	01.04.2018	Емельяненко С.М.
4	Изучение литературы	26	2.04.2018	5.05.2018	Емельяненко С.М.
5	Расчет размерных цепей	48	6.05.2018	1.07.2018	Емельяненко С.М.
6	Проектирование нового приспособления	136	29.08.2018	28.12.2018	Емельяненко С.М.
7	Разработка чертежей приспособления	14	6.02.2019	26.02.2019	Емельяненко С.М.
8	3D моделирование	24	27.02.2019	30.03.2019	Емельяненко С.М..
9	3D заводского приспособления	33	1.04.2019	5.05.2019	Емельяненко С.М.
10	Консультирование	60	8.02.2019	1.06.2019	Червач Ю.Б.
11	Оформление магистерской диссертации	30	1.05.2019	1.06.2019	Емельяненко С.М.
12	Итоговая проверка работы	3	2.06.2019	5.06.2019	Червач Ю.Б.
Итого		420	8.02.2018	5.06.2019	

Таблица 4.3 Линейный график работ

Код работы	Вид работы	Исполнитель	Т <sub>к</sub> , кал, дн.	Продолжительность выполнения работ																
				янв	фев	мар	апр	май	июнь	июль	сент	окт	ноя	дек	янв	фев	мар	апр	май	июнь
1	Составления технологического задания	Червач Ю.Б.	2		█															
2	Выбор направления исследования	Червач Ю.Б.	2		█															
3	Изучение проблемы	Емельяненко С.М.	42		██████████															
4	Изучение литературы	Емельяненко С.М.	26				██████													
5	Расчет размерных цепей	Емельяненко С.М.	48					██████████												
6	Проектирование нового приспособления	Емельяненко С.М.	136							████████████████████										
7	Разработка чертежей приспособления	Емельяненко С.М.	14													██████				
8	3D моделирование	Емельяненко С.М.	24														██████████			
9	3D заводского приспособления	Емельяненко С.М.	33															██████████		

	ия																			
10	Консультирование	Червач Ю.Б.	60																	
11	Оформление магистерской диссертации	Емельяненко С.М.	30																	
12	Итоговая проверка работы	Червач Ю.Б.	3																	



- руководитель



- инженер

#### 4.4 Бюджет научного исследования

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта.

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения.

##### 1) Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов)

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода.

Таблица 4.4 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Таблица 4.4 Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Фотобумага для принтера 170 гр 127*8*50,8	270	3 ролика	810
Бумага для принтера формата А4	190	1 уп.	250
Картридж для принтера	1550	1 шт.	1450
Лицензия Kaspersky Internet Security	2000	1 экз.	2000
<b>Итого:</b>			<b>4510</b>

Допустим, что ТЗР составляют 10 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны  $C_{\text{мат}} = 4510 * 1,1 = 4961$  руб.

##### 2) Основная заработная плата

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{зп} = З_{осн} + З_{доп}$$

где  $З_{осн}$  – основная заработная плата;

$З_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ( $З_{осн}$ ) руководителя и инженера (магистранта) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} * T_p$$

где  $З_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$З_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m * M}{F_d}$$

где  $З_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

– действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.  $F_d = 248$  раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$З_m = З_б * k_{пр} * k_p$$

где  $Z_6$  – базовый оклад, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда);

$k_r$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в табл. 4.5.

Таблица 4.5 Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_6$ , руб.	$k_{пр}$	$k_r$	$Z_m$ , руб	$Z_{дн}$ , руб.	$T_r$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	33664	1,1	1,3	48110,9	2017,5	67	135176,1
Инженер	15000	1,1	1,3	21450	968,7	353	341951,1

### 3) Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{доп} = k_{доп} * Z_{осн}$$

где  $Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{доп}$  – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{осн}$  – основная заработная плата, руб.

Таблица 4.6 Заработная плата исполнителей НИИ

Заработная плата	Руководитель	Инженер
------------------	--------------	---------

Основная зарплата	135176,1 руб.	341951,1 руб.
Дополнительная зарплата	13517,6 руб.	34195,1 руб.
Итого по статье $C_{зп}$	524839,9 руб.	

#### 4) Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е.

$$C_{соц} = C_{зп} * 0.3 = 157451,9 \text{ руб.}$$

#### 5) Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{эл.об.} = P_{об} \cdot t_{об} \cdot Цэ$$

где  $P_{об}$  – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$Цэ$  – тариф на 1 кВт·час;

$t_{об}$  – время работы оборудования, час.

Для ТПУ  $Цэ = 5,748$  руб./квт·час (с НДС).

Время работы оборудования для инженера ( $T_{рд}$ ) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{об} = T_{рд} * K_t,$$

где  $K_t \leq 1$  – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к  $T_{рд}$ , определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение  $t_{об}$  путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{ОБ}} = P_{\text{НОМ.}} * K_{\text{С}}$$

где  $P_{\text{НОМ.}}$  – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_{\text{С}} \leq 1$  – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности  $K_{\text{С}} = 1$ .

$$t_{\text{об}} = 2232 * 0,4 = 892,8 \text{ час. время работы компьютера.}$$

$$t_{\text{об}} = 2232 * 0,01 = 22,3 \text{ час. время работы принтера.}$$

Таблица 4.7 Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{ОБ}}$ , час	Потребляемая мощность $P_{\text{ОБ}}$ , кВт	Затраты $\text{Э}_{\text{ОБ}}$ , руб.
Персональный компьютер	892,8	0,3	267,8
Струйный принтер	22,3	0,1	2,2
<b>Итого:</b>			<b>270</b>

#### б) Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта.

$$C_{\text{АМ}} = \frac{N_{\text{А}} * C_{\text{ОБ}} * t_{\text{рф}} * n}{F_{\text{Д}}},$$

где  $N_{\text{А}}$  – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{\text{ОБ}}$  – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР.

$F_D$  – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования.

$t_{рф}$  – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

$n$  – число задействованных однотипных единиц оборудования.

$$C_{AM} = \frac{N_A * C_{OB} * t_{рф} * n}{F_D} = \frac{0,5 * 50000 * 892,8 * 1}{2408} = 9270 \text{ руб.} \quad \text{Амортизация}$$

компьютера.

$$C_{AM} = \frac{N_A * C_{OB} * t_{рф} * n}{F_D} = \frac{0,5 * 15000 * 22,3 * 1}{2408} = 69,4 \text{ руб. Амортизация принтера.}$$

Таблица 4.8 Амортизационные расходы

Наименование оборудования	Стоимость, руб.	Время использования, час.	Амортизация, руб.
Персональный компьютер	50000	892,8	9270
Струйный принтер	15000	22,3	69,4
<b>Итого:</b>			<b>9339,4</b>

## 7) Расчет прочих расходов

Здесь отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{проч.} = (C_{мат} + C_{зп} + C_{соц} + C_{эл.об.} + C_{ам}) \cdot 0,1$$

$$C_{проч.} = 69686,2 \text{ руб.}$$

## 8) Расчет общей себестоимости разработки

Общая себестоимость исследования «Снижения брака при производстве кожуха»

Таблица 4.9 Смета затрат

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	4961
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	524839,9
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	157451,9
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	270
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	9339,4
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	69686,2
<b>Итого:</b>		<b>766548,4</b>

#### 4.4 Оценка эффективности проекта

##### 4.4.1 Расчет экономии средств, при сокращении брака

В результате исследования брак сократиться, следовательно нужно посчитать сколько предприятие теряло денег при исправлении брака, а так же при неисправимом браке и сколько будет экономить, если брак при выпуске данного изделия сократится.

Таблица 4.10 количество брака при заводской/новой технологии

	Годовой выпуск деталей, шт.	Исправимый брак, шт.	Неисправимый брак, шт.
Заводская технология	100	60	15
Новая технология		15	3

Для исправления одной детали нужно затратить в среднем 3000 руб. Неисправимый брак будет стоить 35000 руб. Посчитаем какая будет экономия для предприятия, при изготовлении детали по новой технологии:

$C_{\text{пр}} = 60 \cdot 3000 + 15 \cdot 35000 = 705000$  руб, столько теряет предприятие при изготовлении по своей технологии

$C_{\text{нов}} = 15 \cdot 3000 + 3 \cdot 35000 = 150000$  руб, сколько предприятие будет терять при изготовлении по новой технологии.

$C_{\text{эк}} = C_{\text{пр}} - C_{\text{нов}} = 705000 - 150000 = 555000$  руб, столько АО НПЦ «Полюс» будет экономить в год, при изготовлении деталей по новой технологии.

#### **4.4.2 Расчет срока окупаемости**

Посчитаем через сколько лет предприятие окуп затраченные инвестиции на разработку новой технологии.

При неизменном годовом выпуске данной продукции, предприятие в год будет экономить 555000 руб. Себестоимость разработки = 766548,4 руб.

$C_{\text{окуп}} = \frac{766548,4}{555000} = 1,38$  год. через столько времени окупиться данная разработка.

#### **4.5 Вывод о целесообразности внедрения**

В результате расчетов было выяснено, что окупаемость данного исследования произойдет менее чем за 1,5 года. Нормальным сроком окупаемости считается 3 года, следовательно данный проект экономически целесообразен для его внедрения на предприятии АО НПЦ «Полюс».

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8ЛМ71	Емельяненко Сергей Михайлович

<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение</b>	Материаловедение
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	150401/Машиностроение

Тема ВКР: Исследование технологического процесса изготовления кожуха вентилятора и разработка мероприятий для снижения брака при производстве	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является кожух, который входит в состав вентилятора. Применяется конструкция на атомных подводных лодках в системе вентиляции.
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> – Специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N197-ФЗ. (ред. от 27.12.2018);</li> <li>• ГОСТ 12.2.032-78;</li> <li>• ГОСТ 21889-76;</li> <li>• ГОСТ 22269-76;</li> <li>• ГОСТ 21958-76.</li> </ul>
<b>2. Производственная безопасность :</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Отклонение показателей микроклимата;</li> <li>• Отсутствие или недостаток естественного света;</li> <li>• Недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>• Электромагнитные поля.</li> </ul>
<b>3. Экологическая безопасность</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• На атмосферу: ртутные лампы.</li> <li>• На литосферу: смазка.</li> </ul>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Сильные морозы;</li> <li>• Диверсия.</li> </ul>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	15.03.2019
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Старший преподаватель	Романова Светлана Владимировна			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8ЛМ71	Емельяненко Сергей Михайлович		

## **5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

### **Введение**

В данной квалификационной выпускной работе были выяснены причины кривизны и брака детали «Кожух», производимой на предприятии АО НПЦ «Полюс». Рассчитана размерная цепь и как оказалось, конструкция не всегда имеет зазор при сборке под сварку, для решения данной проблемы изменили допуски. Далее проанализировали оснастку, в которой собирается кожух под сварку, изменили принцип сборки детали, учли недостатки заводской конструкции приспособления.

Областью применения является предприятие АО НПЦ «Полюс».

### **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.**

#### **5.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства.**

##### **Режим рабочего времени.**

В данном разделе рассмотрим режим рабочего времени сборщика, собирающего кожух.

Режим рабочего времени должен предусматривать продолжительность рабочей недели (пятидневная с двумя выходными днями), продолжительность ежедневной работы (смены), время начала и окончания работы, время перерывов в работе, чередование рабочих и нерабочих дней, которые устанавливаются правилами внутреннего трудового распорядка в соответствии с трудовым законодательством и иными нормативными правовыми актами, содержащими нормы трудового права, коллективным договором, соглашениями, а для работников, режим рабочего времени которых отличается от общих правил, установленных у данного работодателя, - трудовым

договором согласно трудового кодекса Российской Федерации от 30.12.2001 N197-ФЗ. (ред. от 27.12.2018).

### **Оплата и нормирование труда.**

В данном разделе рассмотрим оплату и нормирование труда сборщика, собирающего кожух.

Базовый оклад (базовый должностной оклад), осуществляющего профессиональную деятельность по профессии рабочего, входящим в соответствующую профессиональную квалификационную группу, без учета компенсационных, стимулирующих и социальных выплат.

В соответствии с коллективным договором или трудовым договором по письменному заявлению работника оплата труда может производиться и в иных формах, не противоречащих законодательству Российской Федерации и международным договорам Российской Федерации. Доля заработной платы, выплачиваемой в неденежной форме, не может превышать 20 процентов от начисленной месячной заработной платы.

Заработная плата работника зависит от его квалификации, сложности выполняемой работы, количества и качества затраченного труда и максимальным размером не ограничивается, за исключением случаев, предусмотренных настоящим Кодексом.

### **Виды компенсаций при работе во вредных условиях труда**

У сборщика присутствует вредный фактор «шумы», которые исходят от прессов, находящихся рядом с ним. За это полагаются следующие компенсации:

- Ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск в соответствии со ст. 117 трудового кодекса РФ.
- Сокращенная продолжительность рабочего времени в соответствии со ст. 92 трудового кодекса РФ.

- Повышение оплаты труда в соответствии со ст. 147 трудового кодекса РФ.
- Досрочное назначение трудовой пенсии в соответствии со ст. 27 и 27.1 трудового кодекса РФ.

### **5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны сборщика.**

Рабочее место должно обеспечивать возможность удобного выполнения работ в положении сидя или стоя или в положении и сидя, и стоя. При выборе положения работающего необходимо учитывать:

- физическую тяжесть работ;
- размеры рабочей зоны и необходимости передвижения в ней работающего в процессе выполнения работ;
- технологические особенности процесса выполнения работ.

Рабочее место при выполнении работ в положении сидя должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78, в положении стоя – ГОСТ 12.2.033. – 78.

## **5.2 Профессиональная социальная безопасность**

*Таблица 5.1 возможные опасные и вредные факторы*

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ					Нормативные документы
	Разраб отка	Изгото вление	Эксплу атация			
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+			СанПин 2.2.4.548-96
2. Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+			СНиП 23-05-95
3. Недостаточная		+	+			СП 52.13330.2016

освещенность рабочей зоны				
4. Превышение уровня шума		+	+	СанПин 2.2.4.3359-16

### **5.2.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации объектов исследования**

#### **Отклонение показателей микроклимата**

Источниками возникновения могут быть: аномальные погодные условия; помещения с нарушенной конструкцией (плохие окна, потолок, стены и т.д.); недостаточная температура батарей в холодное время года; плохо проветриваемое помещение в жаркое время года и т.д.

Очень важным фактором, влияющим на отдачу тепла организмом в помещении, является движение воздуха. При этом, в жарком помещении движение воздуха увеличивает отдачу тепла организмом, тем самым улучшая состояние человека, а в холодный период движение воздуха оказывает неблагоприятное влияние на организм.

Состояние микроклимата на механическом участке должна соответствовать допустимым нормам по ГОСТ 12.1.005-88.

*Таблица 5.2 Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений*

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22-24	21-25	60-40	0,1
Теплый	23-25	22-26	60-40	0,1

Методы борьбы с данным фактором:

- обеспечение надлежащего воздухообмена и отопления;
- тепловая изоляция нагретых поверхностей оборудования, воздухопроводов и гидротрубопроводов;
- вентиляция;
- рациональная организация проведения работ;
- кондиционирование воздуха.

### **Отсутствие или недостаток естественного света**

Вредное воздействие параметров освещения проявляется в отсутствии или недостатке естественного света, а также недостаточной освещенности рабочей зоны.

Причинами могут быть не солнечная сторона; естественная или искусственная преграда между окном и светом; не достаточное количество окон в помещении для поступления естественного света.

Данный фактор влияет на снижение остроты зрения, контрастной чувствительности, работоспособности человека.

Коэффициент естественной освещенности не должен быть менее 1,5-1,2 %.

Методы борьбы с данным фактором:

- недостаточность дополнять искусственным освещением;
- сокращение рабочего дня;
- поверхность стен, потолков и пола должны быть светлых тонов.

### **Недостаточная освещенность рабочей зоны**

Согласно СНиП 23-05-95 в цехе, при постоянном нахождении людей в помещении освещенность при системе общего освещения не должна быть ниже 150 Лк.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда. На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени, которые создают неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате повышается утомляемость и снижается производительность труда.

### **Превышение уровня шума**

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума - это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц.

Шум ухудшает условия труда, оказывая вредное действие на организм человека. Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах и т. д. Такие нарушения в работе ряда органов и систем организма человека могут вызвать негативные изменения в эмоциональном состоянии человека вплоть до стрессовых. Под воздействием шума снижается концентрация внимания, нарушаются физиологические функции, появляется усталость в связи с повышенными энергетическими затратами и нервно-психическим напряжением, ухудшается речевая коммутация. Все это снижает работоспособность человека и его производительность, качество и безопасность труда.

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Максимальный уровень звука постоянного шума на рабочих местах не должно превышать 80 дБА. В нашем случае этот параметр соответствовал значению 92 дБА.

Так как на участке наблюдается повышенный уровень шума, необходимо использование СКЗ и СИЗ.

### СКЗ

- устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;
- изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения (пенобетон; базальтовая, минеральная, хлопковая вата; шумопоглощающие экраны из фанеры, древесноволокнистые плиты, звуконепропускаемые ткани);
- применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения;

### СИЗ

- применение спецодежды, спецобуви и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

В цехе на предприятии АО НПЦ «Полюс» для снижения шума применяются наушники.

## **5.3. Экологическая безопасность**

### **5.3.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду**

Экологическая безопасность - это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения - это сокращение вредных выбросов

промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства.

Для освещения рабочей зоны используются ртутные лампы, которые могут повлечь причинение вреда здоровью, жизни рабочих, растениям и окружающей среде. Ртутные лампы могут загрязнить атмосферу.

При сборке используется смазка, которая может навредить литосфере.

Нет значительных выбросов вредных веществ, пыли в атмосферу. Выбросы соответствуют допустимым по ГОСТ 17.2.3.02–2014, поэтому их очистка не предусмотрена.

### **5.3.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды**

Ртутные лампы при выходе из строя необходимо упаковать в герметичную тару и отправить на утилизацию в специализированную компанию.

Смазочную жидкость фильтровать и вернуть в цикл, собрать и сдать в строительную или дорожную промышленность в качестве инертного материала.

## **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

### **5.4.1 Анализ вероятностных ЧС, которые может инициировать объект исследования**

Производство находится в городе Томске с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют.

Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия.

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. При остановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае аварии на тепловых сетях должны быть предусмотрены запасные обогреватели (например: газовые каталитические горелки). Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась. Также сильные морозы могут вызвать аварии на электросетях, водопроводе и отсутствие на дорогах городского транспорта. Во избежание последнего следует оставлять транспорт (автобус) в теплом гараже для развозки людей в случае перебоя в транспортном сообщении. В случае отключения воды должно присутствовать автономное водоснабжение, которого должно хватать минимум на сутки для исполнения всех нужд предприятия. Аналогично в энергосистемах должны использоваться автономные источники питания (аккумуляторы, дизельные генераторы) для функционирования жизнедеятельности во время аварий.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще. Зачастую такие угрозы оказываются ложными. Но случаются взрывы и в действительности.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве.

### **Факторы пожарной и взрывной природы**

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д. По

пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории  $A_{н}$ ,  $B_{н}$ ,  $B_{н}$ ,  $\Gamma_{н}$  и  $D_{н}$ .

Согласно НПБ 105-03 цех относится к категории Д - негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85 (выполнено из кирпича, которое относится к трудно сгораемым материалам). Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера: халатное неосторожное обращение с огнем (использование открытого огня);

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для устранения причин возникновения и локализации пожаров в помещении цеха должны проводиться следующие мероприятия:

- а) использование только исправного оборудования;
- б) проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- д) отключение электрооборудования, освещения и электропитания при предполагаемом отсутствии обслуживающего персонала или по окончании работ;
- е) курение в строго отведенном месте;
- ж) содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В. Кроме того, порошковые применяют для тушения документов.

Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например, ОП-5.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Здание должно соответствовать требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, порошковых или углекислотных огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу (Рис.5.4.).



Рис 5.4 Пути эвакуации

## 5.4.2. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

### Заключение (выводы)

В результате раздела «Социальная ответственность» были исследованы правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Проанализирована производственная безопасность, выявлены опасные и вредные факторы, были обоснованы мероприятия по снижению воздействия этих факторов.

Большинство опасных и вредных факторов удалось устранить или значительно снизить их негативное влияние.

В целом же можно сказать, что условия труда в рассматриваемом цехе являются достаточно комфортными и безопасными, что способствует снижению показателей травматизма, а так же благоприятствует повышению производительности труда

**Приложение**  
**(справочное)**

**Aluminum**

Студент:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8ЛМ71	Емельяненко С.М.		

Руководитель ВКР:

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Червач Ю.Б.	к.т.н.		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП:

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Старший преподаватель	Ажель Ю.П.			

# **1. PROGRESS IN DUCTILE ALUMINIUMHIGH PRESSURE DIE CASTINGALLOYS FOR THE AUTOMOTIVEINDUSTRY**

Today the die casting process is used to cast parts with high quality requirements such as engine cradles, cross members and nodes for space frame construction. This has presented the challenge to design alloys with superior mechanical properties. For crash relevant parts requiring high ductility (elongation > 12 %) one option to meet these properties is by heat treating a low iron Al-Si alloy to a T4 or T7 temper. However heat treatment can lead to part distortion and blistering resulting in higher costs for the producer. The second option is Al-Mg alloys type, which fulfill these requirements in the as-cast state but the alloys are not easy to cast. Research was started using the easy to cast Al-Si alloy system targeting a high elongation (> 12 %) and yield-strength (> 120 MPa) already in temper F and not showing any long term aging behavior. This paper will discuss the technical progress which began in the early 1990ies, gaining in importance with the first series space frame Aluminum car, continuing with structural parts applied in the as-cast state and approaching a future with an increasing amount of light weight components replacing steel and heat treated aluminum.

## **INTRODUCTION**

The automotive industry has provided the driving force for the development and production of new die casting alloys. From a technical point of view the field of application for standard aluminum alloys is limited. These alloys are mainly used for parts with a simple requirement profile, usually low weight and certain yield strength. The qualitative evaluation in Fig. 1 shows the limits of standard alloys. An Al Si9Cu3-type (226) is mainly used for parts without any requirements concerning ductility or good resistance to corrosion. An Al Si12-alloy provides a certain ductility when cast into a permanent mould but has no remarkable yield strength. Somewhere in between other compromises may be found.

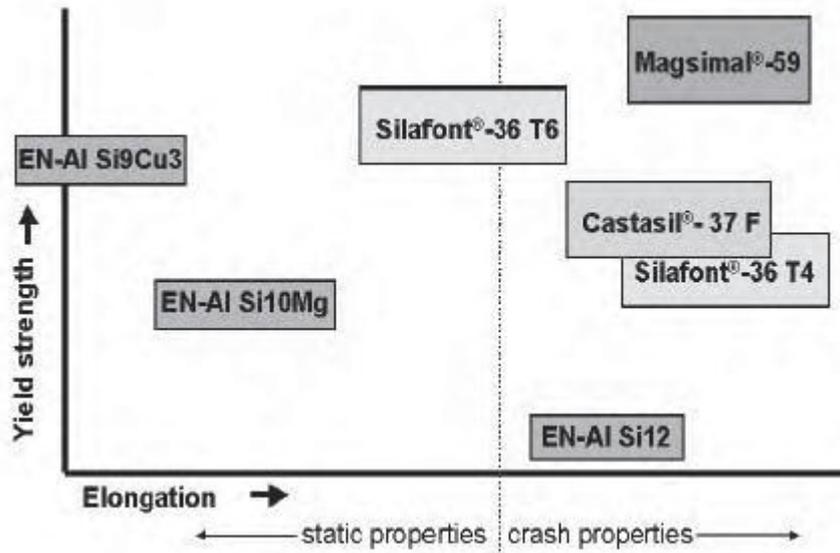


Fig. 1 - Chemical composition

### MAGSIMAL<sup>®</sup>-59

In 1996 AlMgSi-type alloy, Magsimal<sup>®</sup>-59, unusual for high-pressure die casting at that time was presented to the market . So far this type of alloy type had been mainly used for permanent mould casting and was especially known for its excellent resistance to corrosion even in sea water. In addition further properties when used in high-pressure die casting. In Tab. 1 the chemical composition is shown. Unlike most alloys used for high pressure die-casting, Magsimal<sup>®</sup>-59 contains five to six percent of magnesium and about two percent of silicon. Excess magnesium and low copper and zinc content provide an excellent resistance to corrosion. Iron is kept low to keep up the elongation. Beryllium is added to reduce dross during the melting process. Together with a quick solidification, a very fine microstructure consisting of an  $\alpha$ -solid solution and 40% Mg<sub>2</sub>Si-eutectic with superior mechanical and fatigue properties in temper F is created. As the fineness of the microstructure depends on the solidification velocity, the geometry of the casting has an influence on the mechanical properties. The influence of the wall thickness on the mechanical properties is shown in Fig. 5. The thinner the wall thickness is, the higher both yield strength and elongation are, because the microstructure becomes finer. For a design engineer properties increase when decreasing wall thicknesses has some advantages, because a thin and light design improves the performance of the material. However, some

recommendations concerning the complexity of the design have to be taken into account due to the higher shrinkage of this alloy type. The die design requires larger radiuses and drafts.

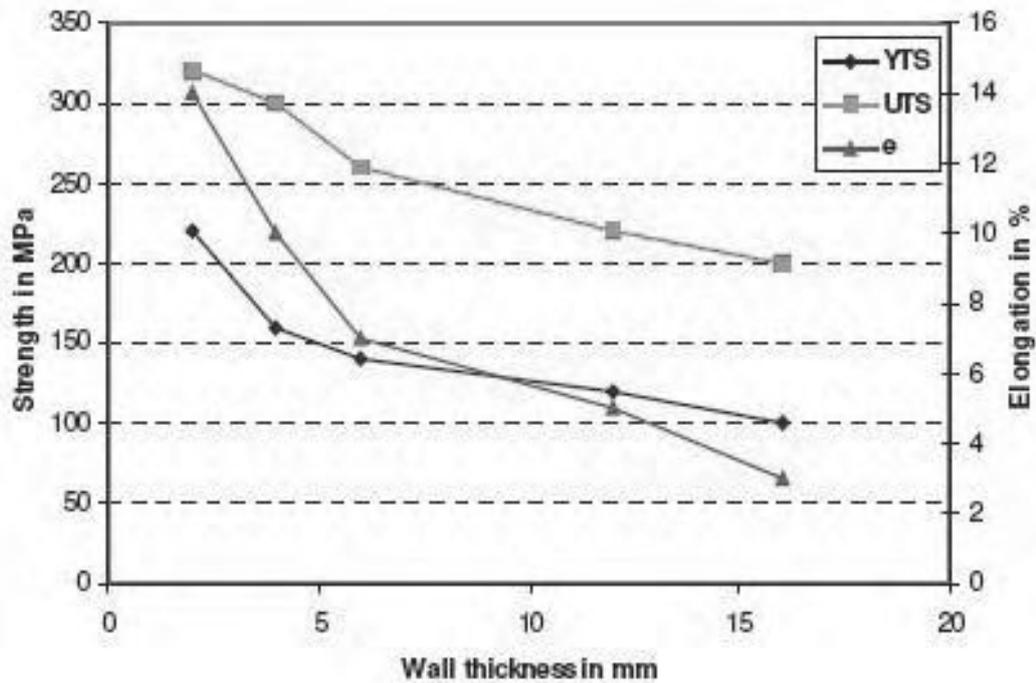


Fig. 2 - The influence of the wall thickness on the mechanical properties

### SOME APPLICATIONS OF MAGSIMAL®-59

Magsimal®-59 is an excellent material for die castings, which has to resist high static and alternating loads and provides a good ductility at the same time. Typical applications are structural and suspension parts of passenger cars. Fig. 6 shows the shock tower in an upper-middle class car with a completely new concept.

To spread the weight of the vehicle evenly on the front and back wheels, the front sub-frame is entirely made of aluminum. The shock tower is a structural part to which the suspension strut is attached. So this part has to resist the static load from the car weight and the dynamic shocks from the suspension. The part has thin wall thicknesses to receive the required yield strength and at the same time to provide a high elongation for a good crash behaviour. The cast part is connected to the surrounding profiles and malformed aluminum parts by gluing, self-pierce-riveting

and MIG-welding. Due to the excellent corrosion resistance the part does not require a paint film.

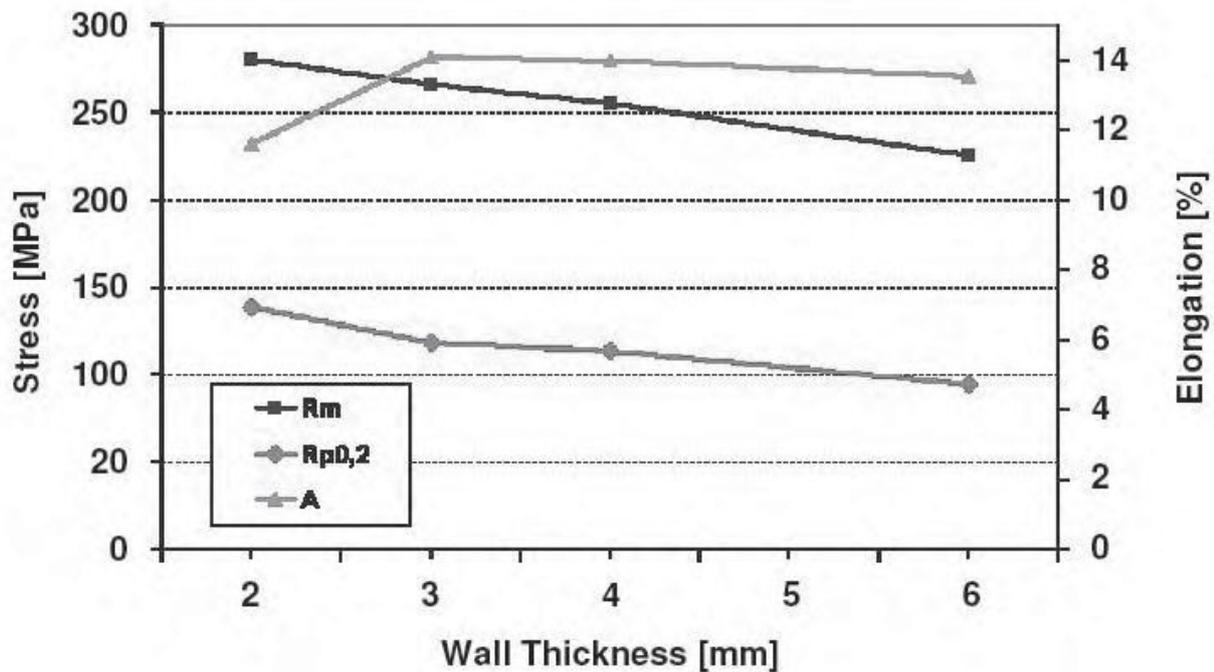


Fig. 3 - Mechanical properties

### CASTASIL<sup>®</sup>-37

With the development of Castasil<sup>®</sup>-37, Aluminium Rheinfelden GmbH works on another alloy for high pressure die casting applications in passenger cars with complex designs requiring high ductility and a medium yield strength. These are for example nodes and structural components in space frames or sub-frames, usually with thin wall thicknesses and complex and rigid geometries. So far these types of parts have been mainly melted using AlSiMg-type alloys and have been treated to obtain necessary properties. However, thermal solution treatment causes blistering and distortion of the parts, which have to be additionally straightened out. These parts are difficult to make from an AlMg-alloy as they have complex designs. So the goal of using the Castasil<sup>®</sup>-37 is to provide an easy to cast AlSi-alloy with at least 12 % elongation and 120 MPa yield strength in temper F. Since engine powers and hence

temperatures have been going up during the past years, an alloy is needed, which shows no long-term aging behaviour in a high temperature environment. High resistance to corrosion has to be met by the way. Castasil®-37 contains from 8.5 to 10.5 percent silicon, which makes the excellent castability, typical for this kind of alloy. Iron is kept low to maintain ductility, copper and zinc likewise to prevent corrosion. Manganese substitutes iron and avoids sticking to the die. Strontium provides the known modification of the eutectic and the linked ductility. In contrast to most alloys in this field of application, Castasil®- 37 has a low amount of magnesium. This makes an even finer eutectic in addition to the Sr-modification and avoids a long term aging behaviour. In Fig. 7 the microstructures of a standard material and Castasil®-37 are shown for high pressure die cast with 3 mm sample plates. In the microstructure of an AlSi9Mg standard material, coarse regions of the eutectic prevent the material from reaching highest levels of elongation in the as cast state. These coarse regions are due to magnesium precipitations forming an Mg<sub>2</sub>Si phase. Without magnesium this is avoided and the eutectic appears even finer, as it is shown on the right hand side. This makes the additional step towards higher elongation in temper F. Looking at the mechanical properties, shown in Fig. 8, a slight influence of the wall thickness can be stated. In this case it was examined for wall thicknesses from 2 to 6 mm. The yield strength decreases with an increasing wall thickness. This is due to the slower solidification in larger cross sections and may be compensated by a higher cooling of the die. The elongation shows a different behaviour. With a wall thickness from 2 to 3 mm it increases up to 14 percent in temper F, where it remains up to 6 mm of wall thickness. The lower elongation in thin walls is probably due to the stronger impact of casting defects in a small cross section.

### **SOME APPLICATIONS IN CASTASIL® -37**

Typical castings for Castasil®-37 have complex designs and require high ductility and a medium yield strength, good deformability, good resistance to corrosion and stable mechanical properties when operating at the elevated

temperatures. In Fig. 9 the Space-Frame nodes of the Lamborghini Gallardo Spyder are shown. Die cast nodal points are essential for special rigidity in the ASF bodywork of the open-top Spyder. The high yield strength of Castasil-37 in the as-cast state enabled the very economic production of these weld-able nodes. The minimum required elongation was of over 7% during the casting. With the use of Castasil-37 a weight reduction of about 10-15% in comparison with the traditional high-pressure die casting alloys was possible. In addition a better rigidity-weight ratio than that of steel was achieved. The use of the material providing the desired properties in temper F or in a single step heat treatment, the straightening process is outdated [1].

## **2. CASTING CHARACTERISTICS OF ALUMINUM DIE CASTING ALLOYS**

### **MACHINABILITY**

Nowadays there is no standard method for testing the machinability of aluminum die casting alloys. A particular machining characteristic of an alloy is to a large extent related to the machining technique. Therefore, when evaluating an alloy's machinability, one has to specify the particular characteristics and machining conditions under which the test is conducted.

Initially, it was considered that some of the alloys might form hardspots because of their high sludge factors, and these may cause machining problems. However, the evaluation of the sludge formation tendencies of the alloys showed that the sludge chemistry, morphology and amount in die castings of these alloys is not abnormal and therefore should not cause excessive machining problems.

As mentioned earlier, the alloy behavior during machining operations depends to a very large extent on the machining parameters. Different alloys need to be machined using different parameters. The alloys evaluated in this research program vary widely in their chemistry, for example alloys #4 and #5 are soft with low levels

of Si and Cu and low sludge factors; on the other hand, alloy #1 and #3 are harder with high levels of Fe and Cu and large sludge factors. These alloys should be machined using different sets of parameters, each set designed specifically for the alloy type at hand.

**Table 1. Effect of Various Elements on the Intermediate Layer Thickness.**

<b>ELEMENTS</b>	<b>AMOUNT</b>	<b>EFFECT</b>
Nickel	0.5%	Alloy Layer thickness increases by about 50% at 720-730 °C
Manganese	1-3%	Same as above
Beryllium	0.3-2%	Alloy layer reduces by 7%
Copper	--	No effect
Free Nitrogen	.002-.055%	Alloy layer thickness reduces by about 70%.
Chromium	2-20%	Alloy layer reduction by about 60%
Titanium	0.1%	Alloy layer decreases by 85%
Silicon	--	Alloy layer thickness decreases as Silicon content increases

## **SUMMARY AND CONCLUDING REMARKS**

The study has shown that five alloys, designed to have the highest die-cast yield strength, ductility, fatigue life, thermal conductivity, and impact toughness, respectively, have no major problem in die casting in terms of die soldering and sludge formation. The fluidity test, though it is not complete, suggests that the fluidities of these alloys are fairly comparable to those of A380 alloy. Using the microstructure analysis one can predict that these alloys should not have machining problems provided that appropriate machining technique and parameters are used. It means that all these alloys are die castable. However, in case of some particular alloys special attention should be paid to certain aspects, such as:

- When the Fe and Mn contents of the alloys are small, precautions have to be taken against possible die soldering problems. For example, alloy #4, which contains 0.7%Fe and 0%Mn and is predicted to have high thermal conductivity, has high die

soldering tendency. For this kind of alloy, the Fe and Mn contents should be kept at its allowable upper level and/or reduce Ni to a minimum. Based on the previous study, Mn and Ni additions in the ranges of Mn 0–0.5% and Ni 0.05-0.5% do not affect the variation of the alloy thermal conductivity. So, for this alloy to keep the required thermal conductivity, Mn can be raised up to 0.25 - 0.5% and Ni can be reduced to a minimum.

- When the alloy has a high sludge factor, especially a high level of Fe, such as alloy #1, which is predicted to have high yield strength, measures are needed to prevent the formation of large hardspots. For this kind of alloys, Fe content should be kept at its allowable lower level and Mn content is increased. According to the previous study, Mn content in the ranges of 0–0.5% does not affect the variation of the alloy yield strength. So, for this alloy Fe can be reduced to 1.6% and Mn is increased to 0.5%.

- If there are problems with die filling, it is necessary first to consider alloy compositions changing. In terms of alloy chemistry, the elements forming high temperature compounds should be kept at their lower allowable levels.

- These alloys would behave differently in machining, but should not have machining problems when the appropriate machining techniques and parameters are used. If the formation of hardspots causes problems, the measures to reduce the sludge-forming tendency should be taken [2].

### **3. Crossing Line Profile: A New Approach to Detecting Defects in Aluminum Die Casting**

Radioscopy is the accepted way for controlling the quality of aluminum die cast pieces through computer-aided analysis of X-ray images. Two classes of regions are possible in a digital X-ray image of a casting: regions belonging to regular structures of the specimen, and those relating to defects. Since the contrast between a flaw and a defect-free neighbourhood is distinctive, the detection is usually performed by thresholding this feature. Nevertheless, this measurement suffers from

accuracy error when the neighbourhood is not homogeneous, for example when the flaw is at an edge of a regular structure of the test object. For this reason, many approaches use a-priori information about the location of regular structures of the test piece. In this paper, a new approach to detecting defects without a-priori knowledge is proposed. The approach is based on features extracted from *crossing line profiles*, i.e., the grey level profiles along straight lines crossing each segmented potential flaw in the middle. The profile that contains the most similar grey levels in the extremes is selected. Hence, the homogeneity of the neighbourhood is ensured. Features from the selected profile are extracted. The detection performance of our features and a vast number of other known features are assessed by computing the area  $A_z$  under the Receiver Operation Characteristic (ROC) curve. The best performance is achieved using one of the proposed features yielding an area  $A_z = 0.9944$  in 50 X-ray images of aluminum wheels with 23.000 potential flaws[3].

#### **4. Vacuum assisted high pressure die casting of aluminum alloys**

High pressure die castings usually contain gas porosity due mainly to the entrapment of air or gas in the melt during the very high speed injection of the molten metal into the cavity. In this paper, the advantages of using an evacuated die cavity during mould filling were evaluated. ASTM standard die casting tensile specimens of three Al alloys, Al-5%Si, Al-8%Si and Al-18%Si, were cast on a Buhler shot control die casting machine equipped with a Fondarex vacuum assist system. The effect of vacuum assistance on the porosity distribution and mechanical properties of the produced castings were studied in detail. Selected specimens were also subjected to a T6 tempering treatment to evaluate the formation of surface blisters and effects on the mechanical properties.

It was found that the volume of gas porosity and the pore sizes in the castings were significantly reduced by using vacuum assistance during die casting. As a result, the density and the mechanical properties, particularly the tensile strength and ductility, were improved markedly. An optimum injection speed was also identified for producing high performance castings. After heat treatment, vacuum assisted die

cast parts showed much less surface blistering when compared to conventional die cast parts, demonstrating that vacuum assisted die castings are promising for heat treatment at elevated temperatures to improve the mechanical properties [4].

## **5. Modelling the environmental impact of an aluminum pressure die casting plant and options for control**

This study describes a model (MIKADO) to analyse options to reduce the environmental impact of aluminum die casting. This model will take a company perspective, so that it can be used as a decision-support tool for the environmental management of a plant. MIKADO can be used to perform scenario analyses to analyse the impact on the environment of different strategies, while taking into account both economical and ecological consequences of decision-making. The MIKADO approach is based on relevant parts of Life Cycle Assessment, environmental systems management and Multi-criteria Analysis. One of the strengths of MIKADO is the integrated approach that it takes in analysing, simultaneously, a set of eight environmental problems, including: human toxicity, abiotic depletion, global warming, solid waste production, acidification, terrestrial ecotoxicity, photochemical ozone formation and aquatic toxicity, caused by the aluminium die casting plant. The model is developed for and applied to a specific aluminium die casting plant supplying car manufacturers with aluminium die casting products. We present model results for a reference case, indicating that most of the environmental impact of the plant is associated with releases of compounds during the melting and casting of alloy, as well as with the use of natural gas. Finally, we present results of a partial sensitivity analysis, indicating the sensitivity of the model to changes in parameter values [5].

## References:

- 1) <https://www.gruppofrattura.it/pdf/ext/AIM/Anno%202007/5/003.pdf>
- 2) <https://www.osti.gov/biblio/792701>
- 3) [https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-45103-X\\_96](https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-45103-X_96)
- 4) [https://www.researchgate.net/publication/272639416\\_Effect\\_of\\_Composition\\_and\\_Wall\\_Thickness\\_on\\_Mechanical\\_Properties\\_of\\_High\\_Pressure\\_Die\\_Castings](https://www.researchgate.net/publication/272639416_Effect_of_Composition_and_Wall_Thickness_on_Mechanical_Properties_of_High_Pressure_Die_Castings)
- 5) <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479708000297>

### Список литературы:

1. Сборочно-сварочные приспособления. Этапы конструирования: учебное пособие / А.А. Хайдарова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 132 с.
2. Основы технологии машиностроения: учебное пособие / В.Ф. Скворцов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 352 с.
3. Ковшов А.Н. Технология машиностроения: Учебник для студентов машиностроительных вузов. – М.: Машиностроение, 1987. – 320 с.: ил.
4. Данилевский В.В. Технология машиностроения. Изд. 4-е, перераб. и доп. Учебник для техникумов. М., «Высш. Школа», 1977.
5. Мельников Н. Ф. Технология машиностроения. Изд. «Машиностроение» Москва 1965. – 368 с.
6. <https://ru.m.wikipedia.org>
7. Скворцов В.Ф./ Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: учебное пособие/ В.Ф. Скворцов. – 2-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 91 с.
8. <https://polus.tomsknet.ru>
9. <https://atmt.ru>