

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

"Псковский государственный университет"

ФАКУЛЬТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ И СТРОИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Допустить к защите  
Зав. кафедрой, к.т.н., доцент  
Дмитриев С.И.  
« 17 » \_\_\_\_\_ 20 г.

# ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРА

на тему: «анализ точности размеров, входящих в сборочные размерные цепи, на примере мотор-редуктора».

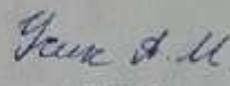
**Направление:** 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

**Магистерская программа:** Технология машиностроения

Магистрант

/ \_\_\_\_\_ /

  
(подпись)

  
(Ф.И.О.)

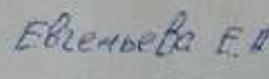
Руководитель работы

/ \_\_\_\_\_ /

уч. степ.

уч. звание

  
(подпись)

  
(Ф.И.О.)

Псков  
2019

ПСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Направление 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств»

ЗАДАНИЕ

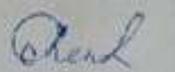
на выпускную квалификационную работу магистра

1. Тема работы: «анализ точности размеров, входящих в сборочные размерные цепи, на примере мотор-редуктора».
2. Цель работы: сокращение и упрощение процесса сборки цилиндрических двухступенчатых соосных редукторов.
3. Основные требования и исходные данные: заводские чертежи.
4. Научная и практическая ценность ожидаемых результатов: сокращение процесса сборки мотор-редукторов.
5. Способ реализации результатов работы: применение на производстве редукторов ОАО "ПЗМП".
6. Перечень (примерный) основных вопросов, которые должны быть рассмотрены в диссертации: 1) технология сборки мотор-редуктора; 2) анализ размерных цепей валов мотор-редуктора; 3) решение проблемы сборки мотор-редуктора.
7. Перечень (примерный) графического и иллюстративного материала: сборочный чертёж, спецификация, маршрутные карты, презентация.

Руководитель работы

\_\_\_\_\_  
уч. степень,

\_\_\_\_\_  
уч. звание

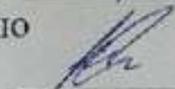
  
(подпись)

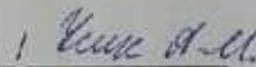
  
(Ф.И.О.)

Дата выдачи задания «29» апрель 2019г.

Задание принял к исполнению

Студент гр. 0032-07М

  
(подпись)

  
(Ф.И.О.)

## РЕФЕРАТ К МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

Работа состоит из трёх частей: теоретической, конструкторской, и проектной, а также приложений. Число страниц расчётно-пояснительной записки – 78, количество чертежей – 1, количество схем и диаграмм – 1, число страниц приложения - 30.

Содержание теоретической части:

- общие сведения о мотор-редукторах;
- актуальность исследования;
- выбор оборудования и инструмента.

Содержание конструкторской части:

- описание процесса сборки мотор-редуктора 4МЦ2С-80;
- назначение маршрута сборки мотор-редуктора 4МЦ2С-80.

Содержание проектной части:

- проектирование и расчёт выходного и промежуточного валов мотор-редуктора 4МЦ2С-80 методом максимума-минимума;
- проектирование и расчёт выходного вала мотор-редуктора 4МЦ2С-80 вероятностным методом;
- расчёт усилий запрессовки подшипников и проверка оборудования на условие запрессовки;
- выводы и экономическая оценка эффективности использования результатов работы.

Содержание приложения:

- чертёж мотор-редуктора, спецификация, маршрутные карты;
- презентация к защите.

Результаты работы:

- произведены все технико-экономические расчёты;
- спроектированы размерные цепи мотор-редуктора 4МЦ2С-80 проведён их анализ;
- скорректирован процесс сборки мотор-редуктора 4МЦ2С-80.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ.....	6
1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	8
1.1. Общие сведения о мотор-редукторах.....	8
1.2. Актуальность исследования.....	10
1.3. Выбор оборудования.....	13
1.4. Выбор инструмента.....	14
2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	20
2.1. Процесс сборки мотор-редуктора цилиндрического двухступенчатого соосного 4МЦ2С-80.....	20
2.2. Назначение маршрута сборки мотор-редуктора.....	34
3. ПРОЕКТНАЯ ЧАСТЬ.....	38
3.1. Проектирование выходного вала редуктора 4МЦ2С-80.....	38
3.1.1. Предварительный расчёт размерной цепи выходного вала редуктора 4МЦ2С-80.....	38
3.1.2. Проектирование размерной цепи выходного вала редуктора 4МЦ2С-80 методом максимума-минимума.....	42
3.1.3. Расчёт размерной цепи выходного вала редуктора 4МЦ2С-80.....	44
3.1.4. Расчёт размерной цепи выходного вала редуктора 4МЦ2С-80 вероятностным методом.....	47
3.1.5. Расчёт размерной цепи «подшипник-колесо-подшипник» выходного вала редуктора 4МЦ2С-80.....	52
3.2. Проектирование промежуточного вала редуктора 4МЦ2С-80.....	56
3.2.1. Предварительный расчёт размерной цепи промежуточного вала редуктора 4МЦ2С-80.....	56
3.2.2. Проектирование размерной цепи промежуточного вала редуктора 4МЦ2С-80 методом максимума-минимума.....	59
3.2.3. Расчёт размерной цепи промежуточного вала редуктора	

4МЦ2С-80.....	61
3.2.4. Расчёт размерной цепи «подшипник-вал-колесо-подшипник» промежуточного вала редуктора 4МЦ2С-80.....	64
3.3. Расчёт усилий запрессовки подшипников.....	67
3.3.1. Расчёт усилия запрессовки подшипника 6-7508.....	67
3.3.2. Расчёт усилия запрессовки подшипника 6-7304.....	69
3.3.3. Проверка оборудования на условие запрессовки.....	70
3.4. Выводы.....	72
3.5. Экономическая оценка эффективности использования результатов работы.....	73
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	75
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	76
Приложения	

## ВВЕДЕНИЕ

ОАО «Псковский завод механических приводов» - одно из немногих предприятий Северо-Западного региона, выпускающих редукторы и мотор-редукторы нескольких видов. Как и значительная часть промышленности страны, перенявшей наследие СССР, завод переживает не лучшие времена, зачастую работая в убыток.

Экономическая стабильность любого завода напрямую зависит от многих факторов, один из которых – время изготовления продукции, в частности, её сборки. На ОАО «ПЗМП», осуществляющем мелкосерийное производство приводов, в том числе редукторов, сталкиваются с одной основной проблемой при сборке редукторов – это большие затраты времени на устранение зазора между крышками и корпусом редуктора посредством набора компенсатора, состоящего из прокладок. Компенсатор может достигать внушительной толщины, что затрудняет процесс сборки, соответственно, время на изготовление одной единицы продукции существенно возрастает.

Решение данной проблемы может быть достигнуто путём анализа размерных цепей на примере цилиндрического двухступенчатого соосного редуктора 4МЦ2С-80.

### ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

**Цель работы** – сокращение и упрощение процесса сборки цилиндрических двухступенчатых соосных редукторов.

**Задачами** являются:

- 1) Составление маршрута существующего процесса сборки редуктора.
- 2) Первоначальный расчёт размерных цепей валов редуктора 4МЦ2С-80, выпускающегося на предприятии ОАО «ПЗМП».

- 3) Назначение новых допусков и отклонений на размеры, входящие в сборочную цепь.
- 4) Предложение решения существующей проблемы, которое уменьшит процесс сборки редуктора.

## 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 1.1. Общие сведения о мотор-редукторах



Рис.1. Мотор-редуктор 4МЦ2С-80, выпускаемый ОАО «ПЗМП»

Современную промышленность тяжело представить без мотор-редуктора, это неотъемлемая часть практически любого оборудования, будь то строительная техника или заводской конвейер. Мотор-редуктор – это устройство, представляющее собой мотор, соединённый с редуктором, а редуктор, в свою очередь, создан для преобразования и передачи крутящего момента [10].

Видов редукторов достаточно много, поскольку каждый из них создаётся для удовлетворения определённых потребностей, для решения конкретных технических задач. Классификация представлена на схеме 1.

Также редукторы могут быть коническими, коническо-цилиндрическими, цилиндрическо-червячными (червячно-цилиндрическими), цилиндрическо- и коническо-планетарными, а также червячно-планетарными [1].

На Псковском заводе механических приводов изготавливают три вида мотор-редукторов - планетарные (серии МП), цилиндрические (типа 4МЦ2С, 4МЦ1, 1Ц2С), планетарно-цилиндрические (типа 4МПЦ2С), а также цилиндрические приводы (типа 4ПРЦ2С).

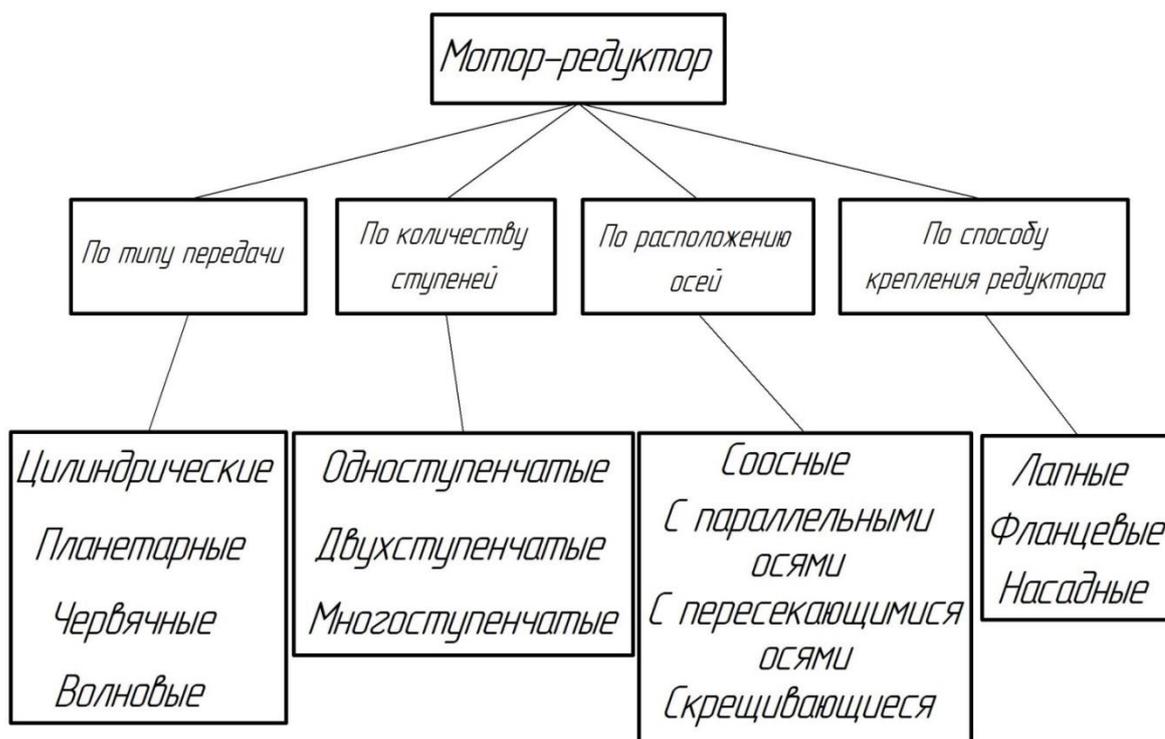


Схема 1. Классификация мотор-редукторов

Корпусы приводной части мотор-редукторов типа 4МЦ2С выполняются из двух материалов: чугуна и алюминиевого сплава АК5М2Р ГОСТ 1583-93. При этом, корпуса из алюминиевого сплава используются только в лапных мотор-редукторах 63 и 80 габаритов, корпуса всех прочих мотор-редукторов типа 4МЦ2С изготавливаются из чугуна.

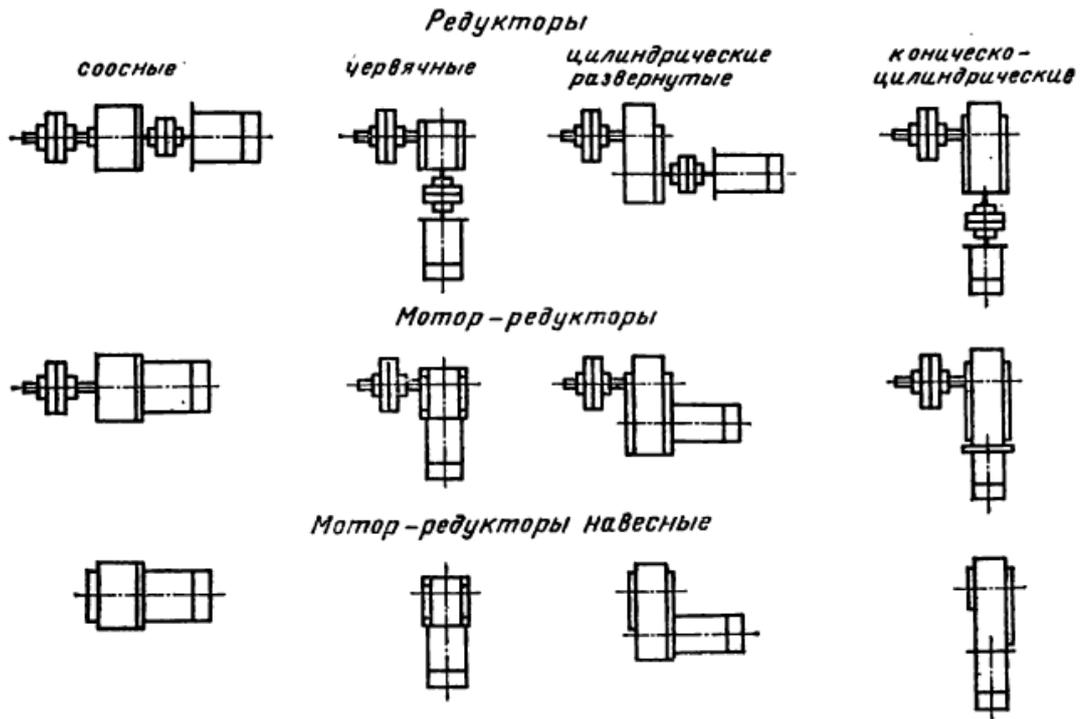


Рис.2 Компонировочные решения приводов с применением редукторов и мотор-редукторов

Алюминиевый сплав по сравнению с чугуном намного легче по массе, дешевле при изготовлении корпуса (также литьё корпусов из алюминиевого сплава производится непосредственно силами ОАО «ПЗМП», а чугунное литьё для редукторов заказывается на стороннем предприятии), а также меньше подвержен коррозии в силу образования на поверхности металла защитной оксидной плёнки.

## 1.2. Актуальность исследования

На рис.3 показана гистограмма, характеризующая потребность промышленности в редукторах, передающих крутящие моменты различной величины.

На рис.4 показана гистограмма, характеризующая потребность промышленности в редукторах с различными значениями частот вращения выходного вала и передаточных отношений.

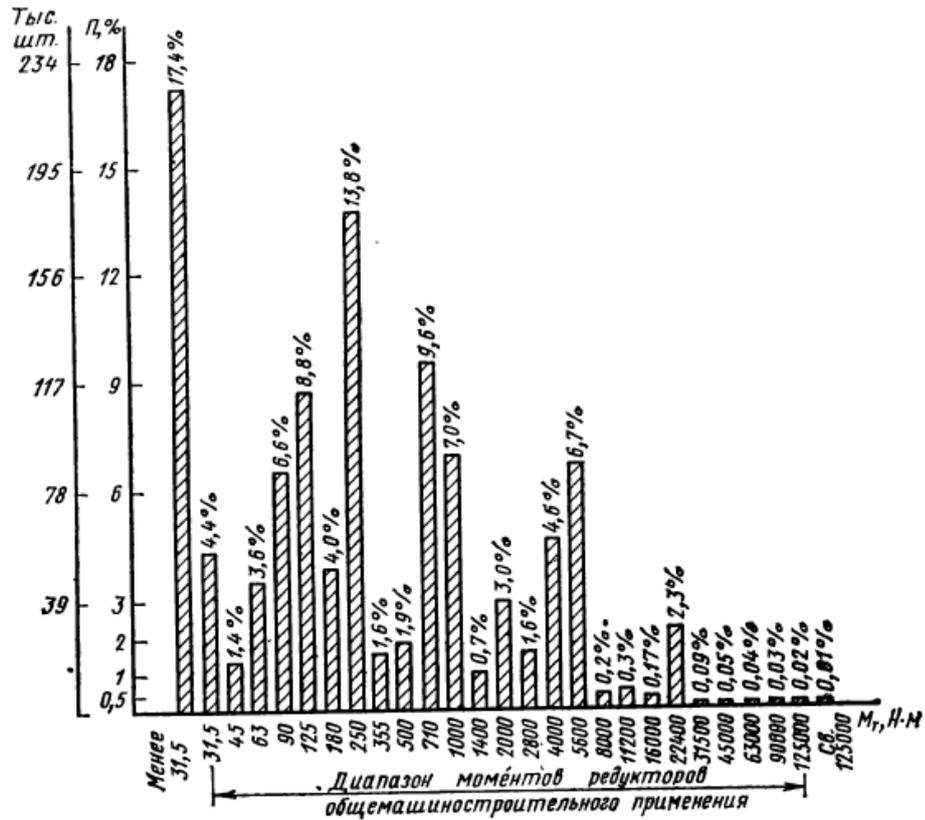


Рис. 3. Гистограмма потребности промышленности в редукторах в зависимости от их крутящего момента

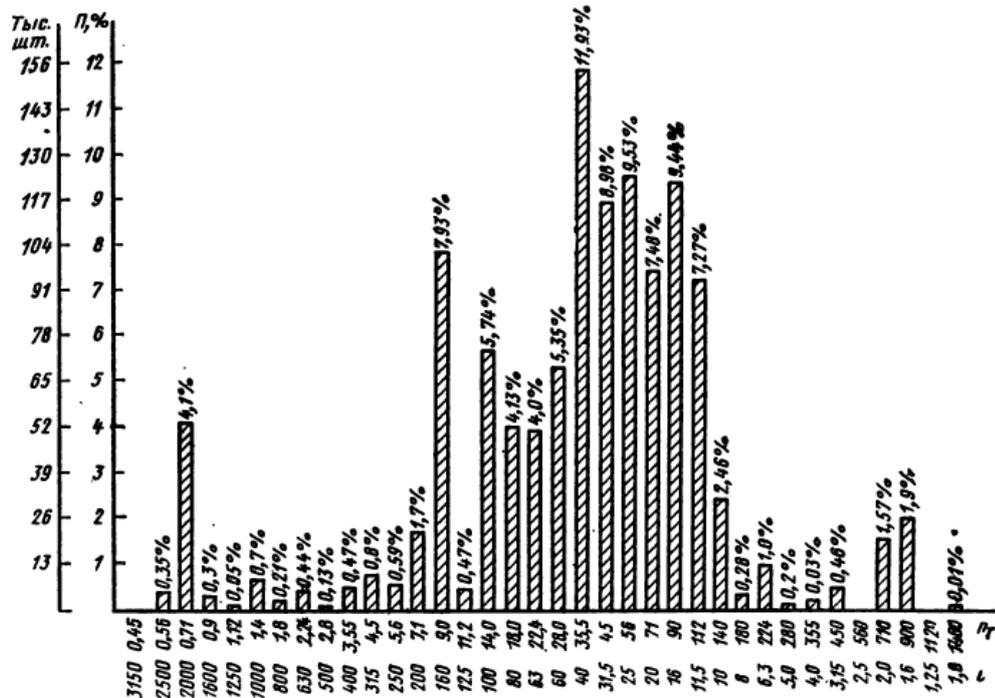


Рис.4. Гистограмма потребности промышленности в редукторах в зависимости от частот вращения выходного вала и передаточных отношений редуктора

Очевидно, что, несмотря на массовое внедрение электроники во все сферы деятельности человека, механические привода, в частности, мотор-редукторы, остаются востребованными до сих пор [7]. Чтобы своевременно выпускать готовую продукцию, ОАО «ПЗМП» необходимо сокращать время изготовления мотор-редукторов, причём это скажется не только на самой прибыли, но и на экономии предприятия.

Рассмотрим пример цилиндрического двухступенчатого соосного редуктора 4МЦ2С-80. Норма времени на сборку одного редуктора данного вида равна 60 минутам. Однако в процессе работы слесари механо-сборочных работ сталкиваются с проблемой обеспечения точности изделий. Требуемая точность может быть достигнута одним из пяти методов: а) полной взаимозаменяемости; б) неполной взаимозаменяемости; в) групповой взаимозаменяемости; г) регулирования и д) пригонки [9], [12].

Накопленный опыт работы показывает, что для обеспечения требуемой точности целесообразно использовать метод регулирования, при котором точность достигается за счёт модификации размера одной из деталей (либо группы деталей) соединения, называемой компенсатором, при этом отсутствует снятие слоя материала.

Процесс набора прокладок, необходимых для обеспечения точного размера компенсатора, нередко отнимает большое количество времени. Регулирование редуктора может занять даже у высококвалифицированного специалиста время, затраченное на все остальные операции сборки редуктора в совокупности, то есть около получаса, а в особых случаях и до сорока минут.

Соответственно, самая большая проблема при сборке мотор-редуктора – это набор компенсатора, обеспечивающего устранение зазора между крышкой редуктора и его корпусом. Полностью этот зазор устранить невозможно, но для того чтобы сократить время на данную операцию, достаточно уменьшить искомый зазор.

### 1.3. Выбор оборудования

Для запрессовки подшипников на промежуточный и выходной валы мотор-редуктора 4МЦ2С-80 используется пресс гидравлический запрессовочный одностоечный П6326.



Рис. 5. Пресс гидравлический запрессовочный одностоечный П6326

Таблица 1.

#### Характеристики пресса гидравлического запрессовочного одностоечного П6326

Номинальное усилие, кН	400
Ход ползуна, мм	500
Расстояние между столом и ползуном, мм	710

Таблица 1.

**Характеристики прессы гидравлического запрессовочного одностоечного П6326  
(продолжение)**

Расстояние между столом и ползуном, мм	710
Мощность двигателя главного движения, кВт	13
Габариты станка: длина, ширина, высота (мм)	700_1780_2465
Масса, кг	3139

#### 1.4. Выбор инструмента

Гайковерт пневматический ударного действия «WURTH DSS 1/2"».



Рис.6. Гайковерт пневматический ударного действия «WURTH DSS 1/2"».

Таблица 2.

**Технические характеристики гайковерта пневматического ударного действия  
«WURTH DSS 1/2"»**

Привод	1/2"
Рабочий крутящий момент	до 862 Н·м
Максимальный крутящий момент	1129 Н·м
Рабочее давление	6.3 бар

Таблица 2.

**Технические характеристики гайковерта пневматического ударного действия  
«WURTH DSS 1/2"» (продолжение)**

Масса	2.5 кг
Расход воздуха	140 л/мин
Присоединительная резьба	1/4"
Мин. диаметр шланга	8 мм
Макс. диаметр отвинчиваемого болта	M17
Ударный механизм	twin hammer

Молоток слесарный «Sparta».



Рис.7. Молоток слесарный «Sparta».

Таблица 3.

**Характеристики молотка слесарного «Sparta»**

<b>Общие характеристики</b>	
Тип	Молоток
Тип молотка	Слесарный
Форма бойка	Квадратный
Рукоятка	Деревянная
<b>Вес и габариты</b>	
Вес бойка	1000 г
Вес молотка	1,2 кг
Длина	360 мм

Кувалда 2 кг медная с деревянной ручкой «HOR».



Рис.8. Кувалда 2 кг медная с деревянной ручкой «HOR».

Таблица 4.

**Технические характеристики кувалды 2 кг медной с деревянной ручкой «HOR»**

Вес бойка, кг	2
Покрытие	омедненное

Ударный пневмогайковерт «FUBAG IWC 1400 1/2" 100205».



Рис.9. Ударный пневмогайковерт «FUBAG IWC 1400 1/2" 100205».

**Технические характеристики ударного пневмогайковерта «FUBAG IWC 1400 1/2" 100205»**

Размер патрона	1/2 дюйма
Тип патрона	квадрат с фрикционным кольцом
Мах крутящий момент, Нм	1380
Мах размер крепежа, М, мм	27
Давление, атм	6.3
Расход воздуха, л/мин	255
Вес, кг	2.16
Частота вращения шпинделя, об/мин	8000
Комплектация	коробка
Диаметр воздушного штуцера, дюйм	1/4F
Тип ударного механизма	Twin Hammer
Тип соединения	резьбовое
Наличие удара	есть
Регулировка момента затяжки	есть

Пистолет для герметика скелетный увеличенной толщины «CG-02 Mollen».



Рис.10. Пистолет для герметика скелетный увеличенной толщины «CG-02 Mollen».

Таблица 6.

**Технические характеристики пистолета для герметика скелетного увеличенной толщины «CG-02 Mollen»**

Материал	Пластик
Ширина, см	5,5
Длина, см	33,5
Высота, см	7
Вес, кг	0,35

**Пневматический пистолет «NEWONE Air Gun».**



Рис. 11. Пневматический пистолет «NEWONE Air Gun».

Таблица 7.

**Технические характеристики пневматического пистолета «NEWONE Air Gun».**

Материал трубки	пластик
Материал поршня	пластик
Материал ручки	пластик
Рабочее давление, МПа	1000

Штангенциркуль нониусный «ЗУБР ЭКСПЕРТ» ШЦ-I-150-0,05.

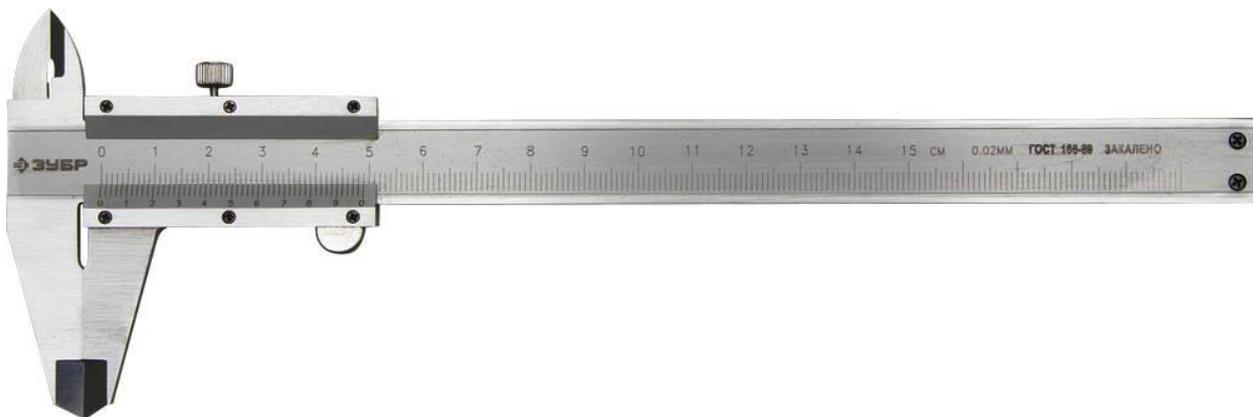


Рис.12. Штангенциркуль нониусный «ЗУБР ЭКСПЕРТ» ШЦ-I-150-0,05.

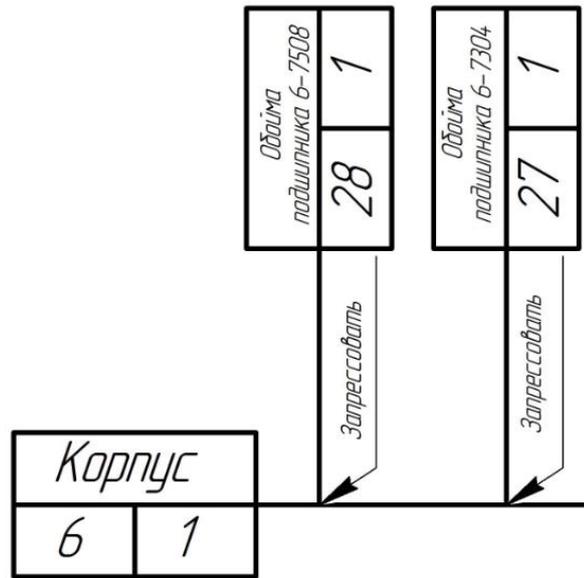
Таблица 8.

**Технические характеристики штангенциркуля нониусного  
«ЗУБР ЭКСПЕРТ» ШЦ-I-150-0,05**

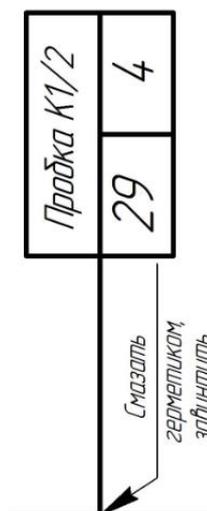
Длина	150 мм
Шаг измерения	0.05 мм
Нониусный	да

## 2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1. Процесс сборки мотор-редуктора цилиндрического двухступенчатого соосного 4МЦ2С-80

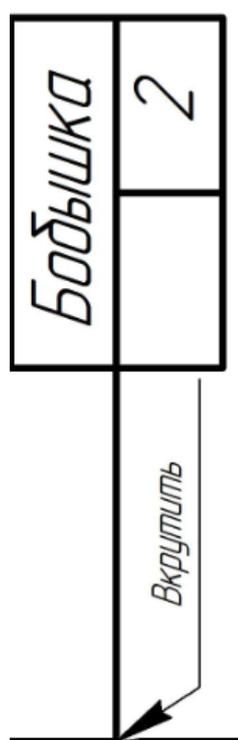


Сборка мотор-редуктора начинается с того, что в предварительно очищенный от стружки и СОЖ корпус запрессовываются наружные обоймы подшипников 6-7508 и 6-7304 посредством медной кувалды таким образом, чтобы они полностью вошли в сквозные отверстия и при этом не выпали из корпуса.



Второй этап подготовки корпуса – вкручивание четырёх пробок К1/2 в сливные отверстия: два сливных отверстия расположены на фронтальной части корпуса и по одному – с левой и правой стороны. Предварительно пробки необходимо смазать герметиком, чтобы не дать впоследствии маслу протечь через зазоры в резьбе сливного отверстия.

Пробка не обязательно должна закручиваться полностью, то есть совпадать своей плоскостью с плоскостью корпуса. Она может не входить в резьбовое отверстие на расстояние примерно до 1/3 своей толщины. На это же расстояние пробка может быть и углублена в отверстие.



Затем в резьбовые глухие отверстия, предназначенные для болтов, затягивающих крышки редуктора, вкручиваются специальные приспособления – бобышки. Бобышки предназначены для фиксации запрессованных обойм в корпусе редуктора.

Бобышки следует закручивать полностью, пока нижняя плоскость бобышки не соприкоснется с корпусом: это выполняется для того, чтобы обойма не выехала за пределы посадочного отверстия, что впоследствии

может привести к неправильной фиксации соответствующего вала щитом в корпусе редуктора и заклиниванию системы в целом.

Для болтов, затягивающих крышки редуктора, имеется восемь отверстий, но бобышек достаточно всего две – по одной на каждую обойму.

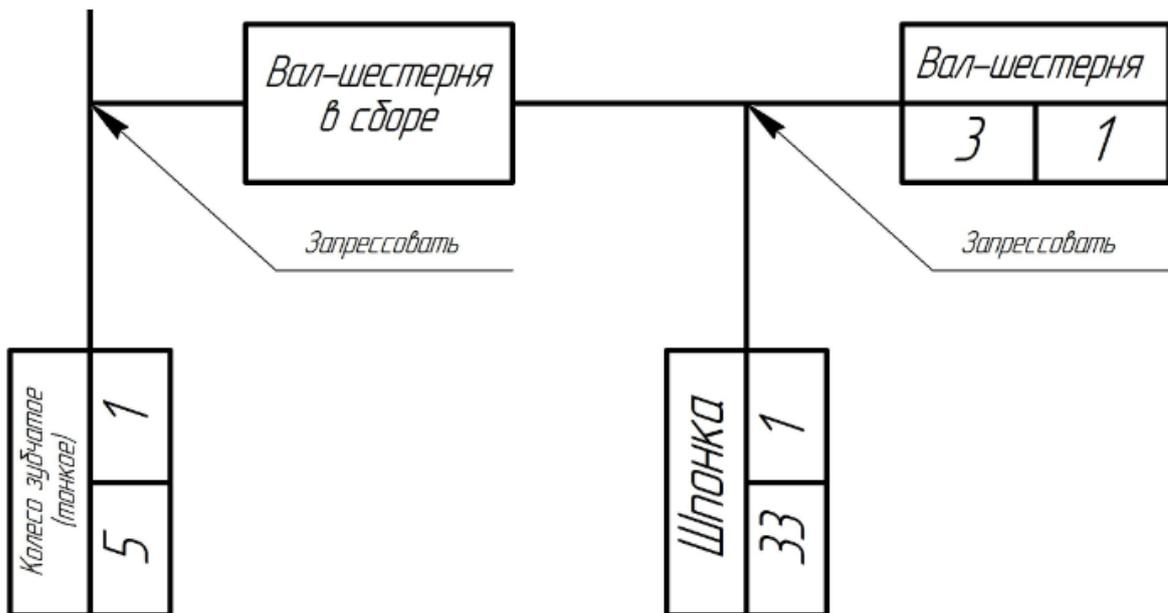
После этого корпус считается подготовленным. Его устанавливают в каретку сборочного конвейера, фиксируют винтом за отверстие на лапе корпуса, а другую лапу зажимают при помощи винтового механизма. Корпус переворачивается в положение, при котором вкрученные бобышки оказываются снизу корпуса.



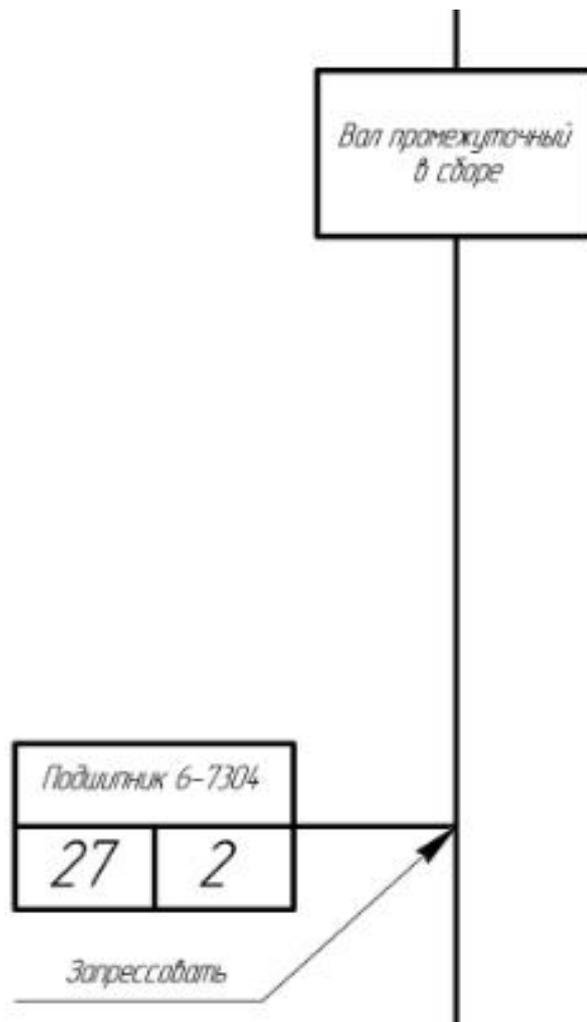
Затем приступают к сборке внутренней части редуктора. Сначала рекомендуется собирать выходной вал.

На вал-колесо, изготавливаемое единым целым, напрессовываются подшипники 6-7508 без обойм, по одному подшипнику с двух сторон колёсной части вал-колеса. Напрессовка выполняется на прессе специальной оправкой с диаметром под внутреннее кольцо данного подшипника.

После напрессовки подшипников в шпоночный паз вала вбивается шпонка, которая предназначена для передачи крутящего момента. Готовый выходной вал вставляется в зафиксированный на каретке конвейера корпус редуктора, в отверстие с обоймой под соответствующий подшипник, валом вниз.



Следующий этап сборки редуктора – сборка промежуточного вала. Вначале необходимо запрессовать шпонку в глухой шпоночный паз вал-шестерни.

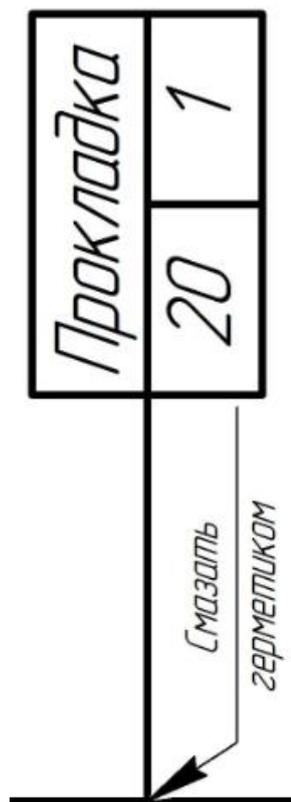


Вал-шестерня запрессовывается в зубчатое колесо («тонкое») по шпоночному пазу в колесе. Запрессовка производится медной кувалдой по торцу вал-шестерни, так как эта часть детали является нерабочей.

Затем в специальный пресс на два центра, один из которых неподвижный, а другой совершает вертикальное возвратно-поступательное движение, надеваются два подшипника 6-7304 (без обойм), а после этого в сами центры помещается зубчатое колесо с запрессованной вал-шестерней. Возвратно-поступательное движение поршня прессы производит напрессовку подшипников сразу на обе стороны вал-шестерни. Таким образом осуществляется сборка промежуточного вала.

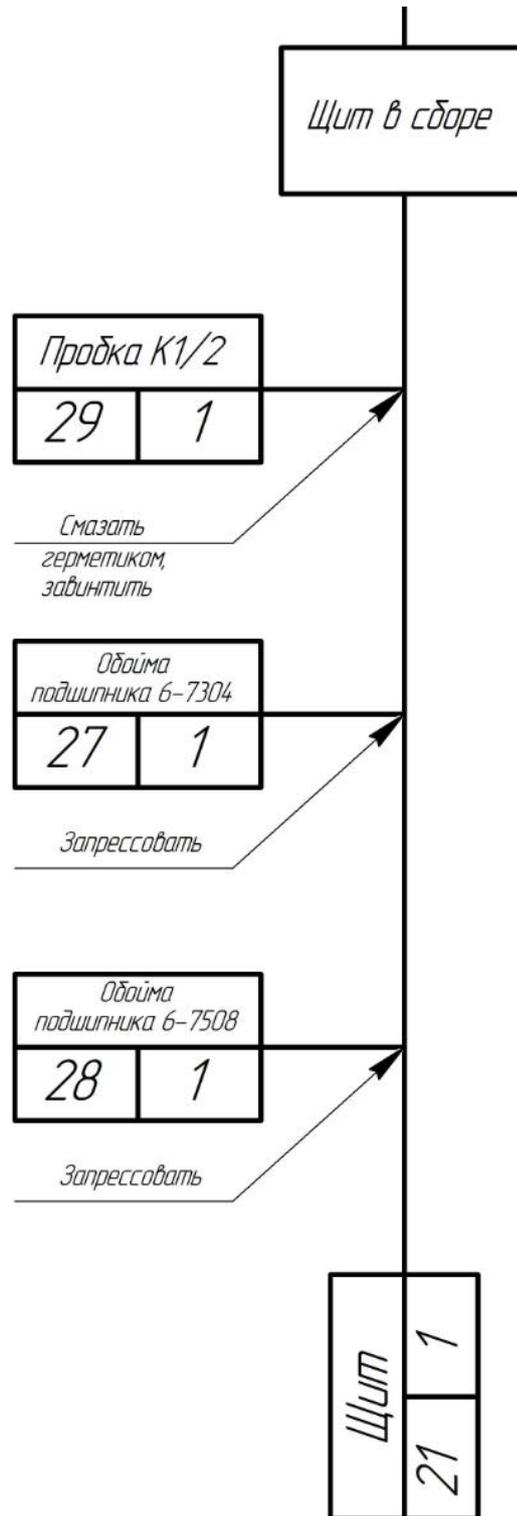
Готовый промежуточный вал вставляется в зафиксированный на каретке конвейера корпус редуктора, в отверстие с обоймой под соответствующий подшипник, валом вниз. Перед дальнейшей сборкой

необходимо проверить зацепление зубчатых частей валов – прокрутить их и прослушать на наличие посторонних шумов уже на этом этапе сборки. Если никаких посторонних звуков не выявлено, сборка продолжается.



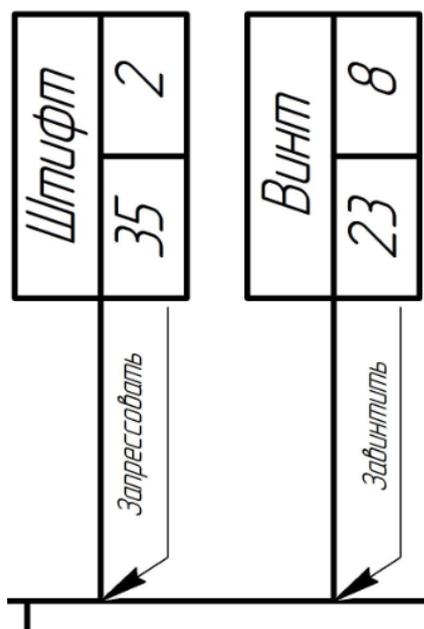
На плоскость соединения корпуса редуктора и щита заливается герметик, а затем кладётся паронитовая прокладка. Перед установкой прокладки нужно её прочистить перчаткой или ветошью, а также проверить на целостность – если в прокладке имеются разрывы, даже незначительные, её использовать нельзя.

Так же желательно убедиться в том, что в прокладке имеются все отверстия под винты, соединяющие щит с корпусом редуктора, и нет налипших или недорезанных частичек паронита.

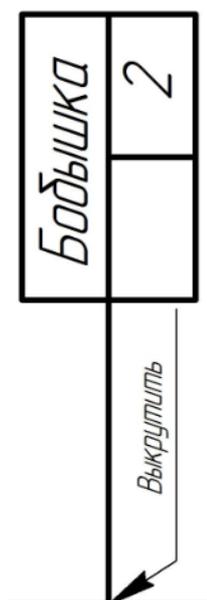


Затем подготавливается щит редуктора. Медной кувалдой в щит запрессовываются обоймы подшипников 6-7508 и 6-7304. В резьбовое отверстие закручивается предварительно смазанная герметиком пробка К1/2. Края плоскости, прилегающей к паронитовой прокладке, зачищаются ветошью для более плотного контакта с прокладкой.

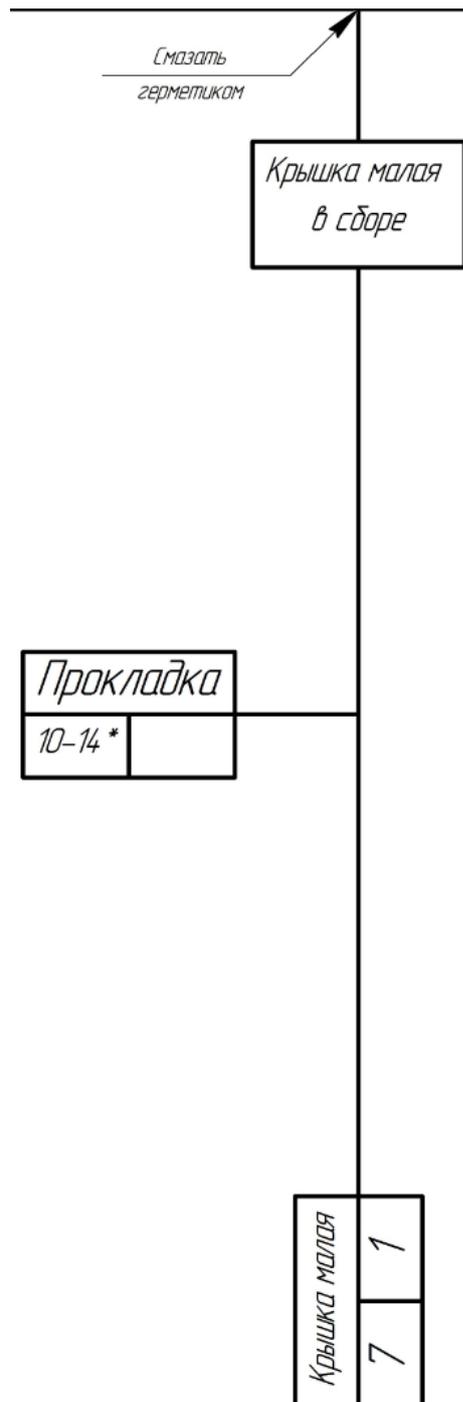
Подготовленный щит вставляется в корпус редуктора таким образом, чтобы штифтовые отверстия в корпусе и щите совпадали.



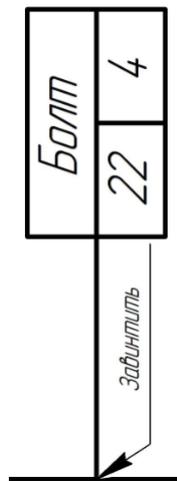
В штифтовые отверстия молотком вбиваются штифты 12x40. Затем в отверстия под винты закручивается восемь винтов Винт М8-6g 30.56 ГОСТ 11738-84 посредством пневматического гайковёрта «FUBAG IWC 1400 1/2" 100205». Поскольку щит выполнен из алюминия, гроверные шайбы под данные винты не требуются.



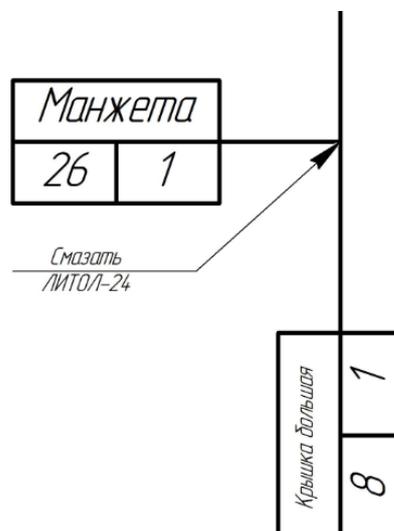
После закрепления на корпусе щита редуктора, каретка сборочного конвейера переворачивается на 180°. Бобышки, фиксирующие обоймы подшипников в посадочных отверстиях, выкручиваются. Обоймы подбиваются соответствующими оправками для более надёжной фиксации валов.



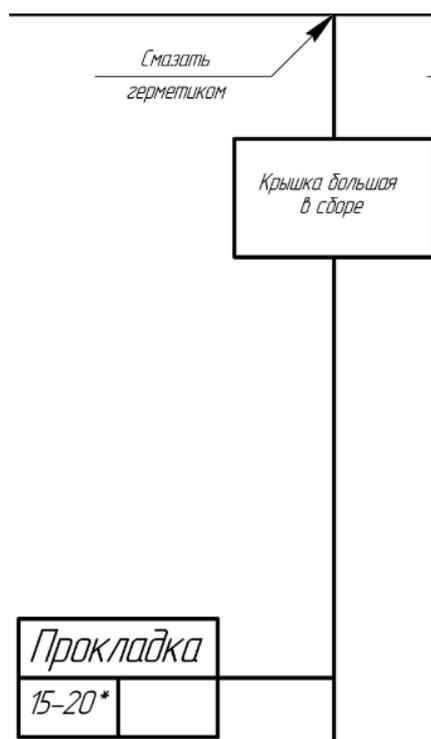
Следующий этап сборки редуктора – набор компенсатора для устранения зазора между крышкой и корпусом редуктора («подгонка»). Компенсатор – это набор стальных прокладок толщиной 0,15 и 0,5 мм, внешних (на корпус) и внутренних (на обойму подшипника). Толщина компенсатора должна быть слишком малой, чтобы промежуточный вал не заклинило, и слишком большой, чтобы появился люфт. Подгонка – самая долгая операция сборки мотор-редуктора.



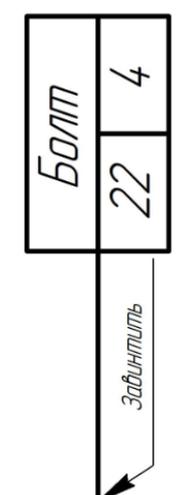
После того, как обеспечивается нужная толщина компенсатора, его смазывают герметиком и вставляют крышку. Крышка закручивается четырьмя болтами Болт М8-6g 20.58 ГОСТ 8752-79.



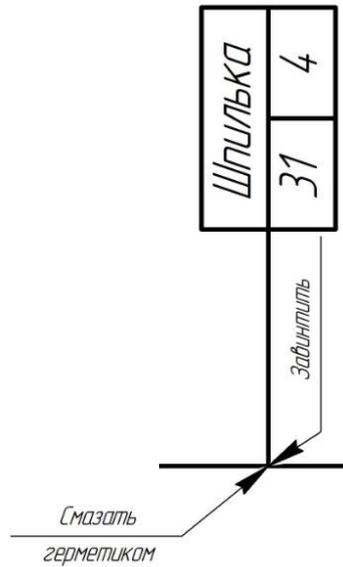
Прежде, чем приступить к подгонке выходного вала, нужно вставить в соответствующую крышку манжету 2-40х60-1 ГОСТ 8752-79, предварительно смазав отверстие под манжету ЛИТОЛ-24. Нужно убедиться в том, что манжета вошла плотно, без зазоров, она не порвана и цела её пружина.



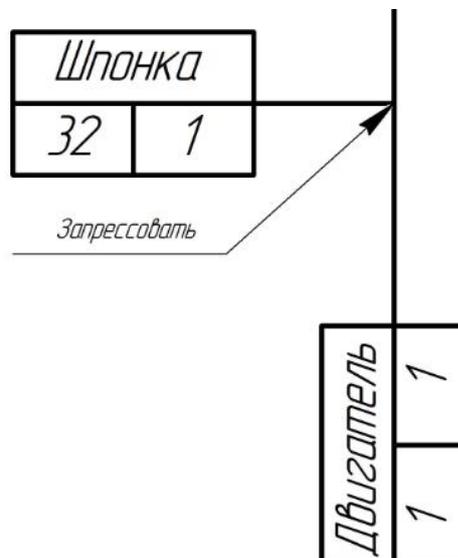
Аналогично промежуточному валу, производится подгонка выходного вала.



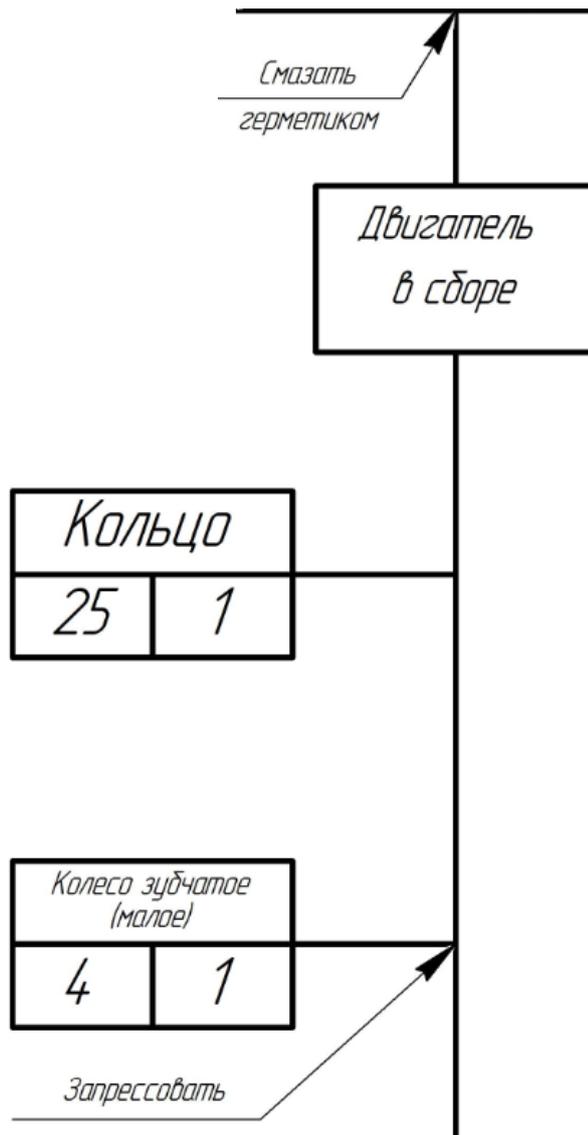
После получения нужной толщины компенсатора, он смазывается герметиком, вставляется крышка с манжетой и закручивается на четыре болта Болт М8-6g 20.58 ГОСТ 8752-79. Как и в случае с винтами, закрепляющими щит на корпусе редуктора, гроверные шайбы не нужны, поскольку крышки так же изготовлены из алюминия.



Затем корпус вновь переворачивается на 180°, в резьбовые отверстия на щите заливается герметик, а после вкручиваются четыре шпильки М10-6g 30.66.05 ГОСТ 22036-76.

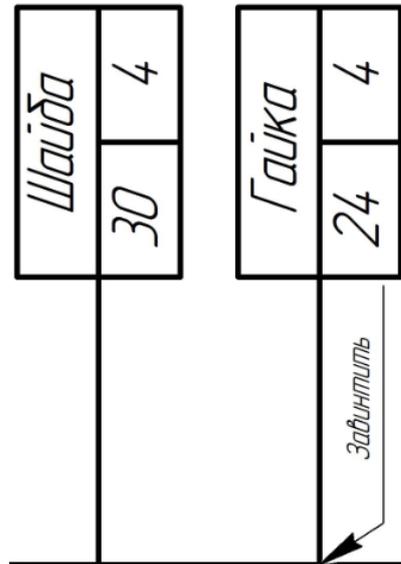


Следующий этап сборки – подготовка двигателя. Нужный двигатель распаковывают, удостоверяются в его целостности, отсутствии дефектов, таких как сколы, трещины, отверстия, выпуклости и вогнутости, и набивают шпонку в шпоночный паз, если таковая там отсутствует. Шпонка не должна перекрывать паз под стопорное кольцо.

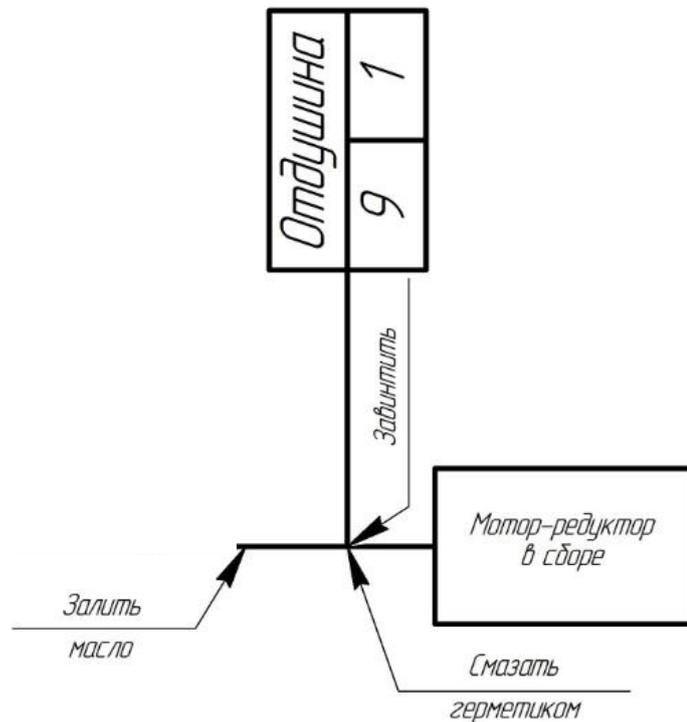


На вал двигателя запрессовывается малое зубчатое колесо («малютка») посредством оправки под внутренний диаметр колеса и фиксируется наружным стопорным кольцом. Зубчатое колесо не должно свободно ходить вдоль оси вала, если это происходит, то значит, что малютка прослаблена и её заменяют.

Подготовленный двигатель смазывается герметиком по ободу контакта со щитом редуктора, а затем валом вниз вставляется по шпилькам, вкрученным в щит.



Для фиксации двигателя на редукторной части мотор-редуктора на шпильки надевают гроверные шайбы  $\text{Ø}10$  мм и гайки M10, гайки закручиваются, и каретка с мотор-редуктором переворачивается на  $90^\circ$  в горизонтальное положение.



Мотор-редуктор снимается с конвейера посредством кран-балки и переносится в зону обкатки. В верхнее сквозное резьбовое отверстие в корпусе редуктора заливается масло в необходимом объёме согласно установленному монтажному исполнению. Затем в это отверстие закручивается предварительно смазанная герметиком отдушина, и мотор-редуктор проходит обкатку.

## **2.2. Назначение маршрута сборки мотор-редуктора**

1. Очистить корпус 6 и щит 21 от стружки и СОЖ
2. Запрессовать обойму подшипника 28 в корпус 6
3. Запрессовать обойму подшипника 27 в корпус 6
4. Смазать пробку 29 герметиком
5. Вкрутить пробку 29 в корпус 6
6. Смазать пробку 29 герметиком
7. Вкрутить пробку 29 в корпус 6
8. Смазать пробку 29 герметиком
9. Вкрутить пробку 29 в корпус 6
10. Смазать пробку 29 герметиком
11. Вкрутить пробку 29 в корпус 6
12. Вкрутить бобышку в корпус 6 до упора
13. Вкрутить бобышку в корпус 6 до упора
14. Установить корпус 6 в каретку сборочного конвейера
15. Повернуть каретку с корпусом 6 на 90° по часовой стрелке
16. Напрессовать два подшипника 28 на вал-колесо 2
17. Запрессовать шпонку 34 в шпоночный паз вал-колеса 2
18. Запрессовать шпонку 33 в шпоночный паз вал-шестерни 3
19. Запрессовать вал-шестерню 3 в зубчатое колесо 5
20. Напрессовать два подшипника 27 на вал-шестерню 3 с зубчатым колесом

21. Вставить вал выходной в сборе в корпус 6
22. Вставить вал промежуточный в сборе в корпус 6
23. Смазать корпус 6 герметиком
24. Установить прокладку 20 на корпус 6
25. Запрессовать обойму подшипника 28 в щит 21
26. Запрессовать обойму подшипника 27 в щит 21
27. Смазать пробку 29 герметиком
28. Вкрутить пробку 29 в щит 21
29. Зачистить щит в сборе ветошью
30. Установить щит в сборе на прокладку 20
31. Вбить штифт 35 в щит в сборе
32. Вбить штифт 35 в щит в сборе
33. Завинтить винт 23 в щит в сборе
34. Завинтить винт 23 в щит в сборе
35. Завинтить винт 23 в щит в сборе
36. Завинтить винт 23 в щит в сборе
37. Завинтить винт 23 в щит в сборе
38. Завинтить винт 23 в щит в сборе
39. Завинтить винт 23 в щит в сборе
40. Завинтить винт 23 в щит в сборе
41. Повернуть каретку на 180°
42. Выкрутить бобышку
43. Выкрутить бобышку
44. Подбить обойму подшипника 27
45. Подбить обойму подшипника 28
46. Набрать компенсатор прокладками 10-14
47. Установить компенсатор в крышку малую 7
48. Смазать компенсатор герметиком
49. Установить крышку малую в сборе в корпус 6
50. Завинтить болт 22 в крышку малую в сборе

51. Завинтить болт 22 в крышку малую в сборе
52. Завинтить болт 22 в крышку малую в сборе
53. Завинтить болт 22 в крышку малую в сборе
54. Смазать крышку большую 8 ЛИТОЛ-24
55. Установить манжету 26 в крышку большую 8
56. Набрать компенсатор прокладками 15-20
57. Установить компенсатор в крышку большую 8
58. Смазать компенсатор герметиком
59. Установить крышку большую в сборе в корпус 6
60. Завинтить болт 22 в крышку большую в сборе
61. Завинтить болт 22 в крышку большую в сборе
62. Завинтить болт 22 в крышку большую в сборе
63. Завинтить болт 22 в крышку большую в сборе
64. Повернуть каретку на 180°
65. Смазать герметиком резьбовые отверстия в щите в сборе
66. Завинтить шпильку 31 в щит в сборе
67. Завинтить шпильку 31 в щит в сборе
68. Завинтить шпильку 31 в щит в сборе
69. Завинтить шпильку 31 в щит в сборе
70. Запрессовать шпонку 32 в вал двигателя 1
71. Запрессовать колесо зубчатое (малое) 4 на вал двигателя 1
72. Установить кольцо стопорное 25 на вал двигателя 1
73. Смазать двигатель в сборе герметиком
74. Установить двигатель в сборе на щит в сборе
75. Установить шайбу гроверную 30 на шпильку 31
76. Установить шайбу гроверную 30 на шпильку 31
77. Установить шайбу гроверную 30 на шпильку 31
78. Установить шайбу гроверную 30 на шпильку 31
79. Завинтить гайку 24 на шпильку 31
80. Завинтить гайку 24 на шпильку 31

81. Завинтить гайку 24 на шпильку 31
82. Завинтить гайку 24 на шпильку 31
83. Повернуть каретку на  $90^\circ$  против часовой стрелки
84. Залить масло в корпус 6
85. Смазать отдушину 9 герметиком
86. Завинтить отдушину 9 в корпус 6

### 3. ПРОЕКТНАЯ ЧАСТЬ

#### 3.1. Проектирование выходного вала редуктора 4МЦ2С-80

##### 3.1.1. Предварительный расчёт размерной цепи выходного вала редуктора 4МЦ2С-80

Вначале выполняется построение размерной цепи.

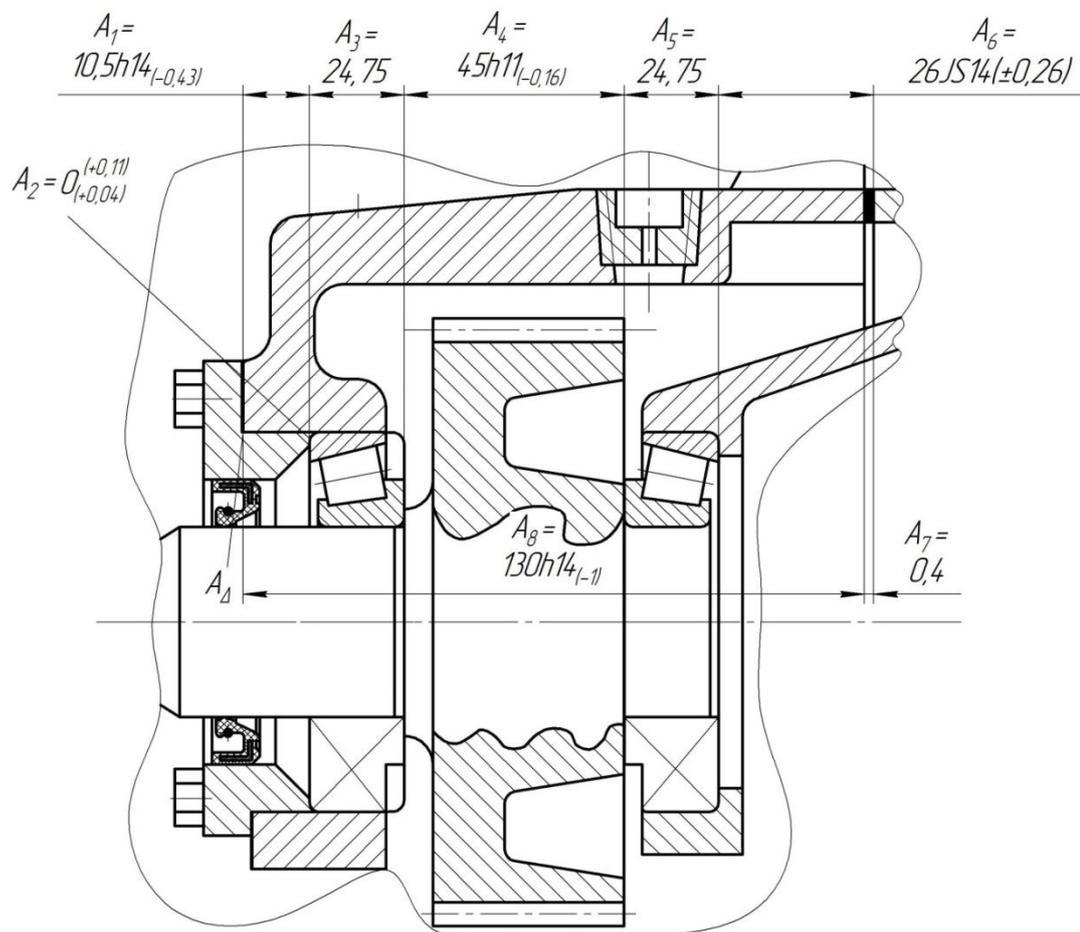


Рис. 13. Выходной вал редуктора 4МЦ2С-80 с проставленными размерами

В размерную цепь выходного вала редуктора 4МЦ2С-80 входят:

- 1)  $A_1$  – глубина крышки 0807.00.02 АЛ;
- 2)  $A_2$  – суммарный осевой зазор подшипников, принимаем согласно техническим требованиям чертежа;

- 3)  $A_3$  – монтажная ширина Т конического роликового однорядного подшипника 6-7508;
- 4)  $A_4$  – ширина зубчатого колеса со ступицей;
- 5)  $A_5$  – монтажная ширина Т конического роликового однорядного подшипника 6-7508;
- 6)  $A_6$  – расстояние от обоймы подшипника до щита 0807.2.0.0.03 АЛ;
- 7)  $A_7$  – толщина паронитовой прокладки 0807.2.0.0.04;
- 8)  $A_8$  – ширина корпуса 0807.2.0.0.01;
- 9)  $A_{\Delta}$  – замыкающее звено размерной цепи.

Замыкающее звено – исходное звено, которое получается при решении расчётной цепи, требуемое для поставленной задачи [6].

Замыкающее звено данной размерной цепи не что иное, как компенсатор, служащий для устранения зазора между корпусом редуктора и крышкой.

Допуски на размеры назначаем по 14 квалитету, за исключением монтажной ширины подшипников (она должна соответствовать ГОСТ 27365-87) [2], ширины зубчатого колеса (выполняем её по h11), а также толщины паронитовой прокладки (выполняется по h16).

Перечисленные размеры представлены на схеме 2.

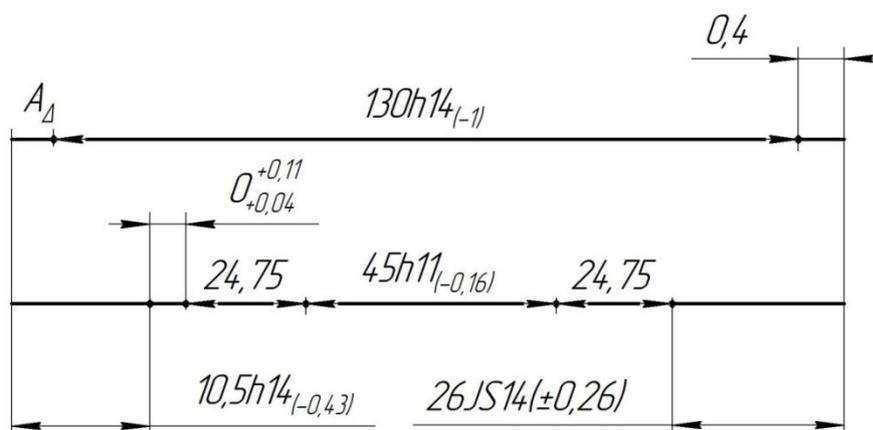


Схема 2. Размерная цепь выходного вала редуктора 4МЦ2С-80.

После того, как размерная цепь составлена, необходимо определить, какие из составляющих звеньев цепи увеличивающие, а какие – уменьшающие.

Увеличивающие звенья – это звенья, которые увеличивают замыкающее звено при собственном увеличении.

Уменьшающие звенья – звенья, уменьшающие замыкающее звено при собственном увеличении [6].

Результат представлен на схеме 3.

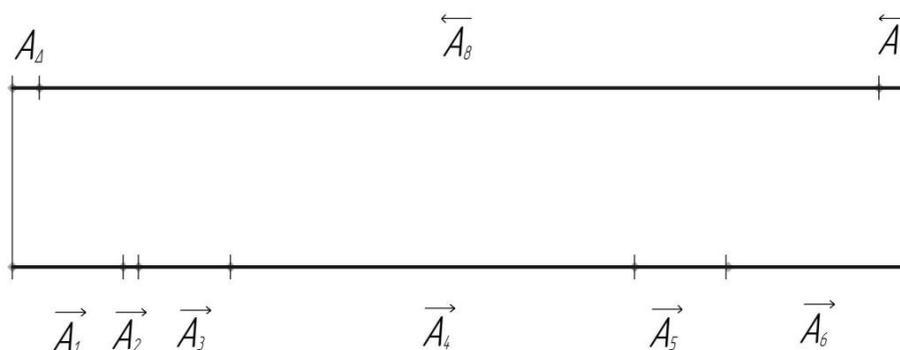


Схема 3. Определение увеличивающих и уменьшающих звеньев размерной цепи выходного вала редуктора 4МЦ2С-80.

Выполняем расчёт размерной цепи. Для начала необходимо составить таблицу данных звеньев размерной цепи.

Таблица 9.

Данные звеньев размерной цепи выходного вала редуктора 4МЦ2С-80

№ звеньев	Номинальный размер	Квалитет точности	Допуски, мкм	Отклонения, мкм	
				Es	Ei
$\vec{A}_1$	10,5	h14	430	0	-430
$\vec{A}_2$	0	-	70	+110	+40
$\vec{A}_3$	24,75	ГОСТ	500	+250	-250
$\vec{A}_4$	45	h11	160	0	-160
$\vec{A}_5$	24,75	ГОСТ	500	+250	-250

**Данные звеньев размерной цепи выходного вала редуктора 4МЦ2С-80  
(продолжение)**

$\vec{A}_6$	26	$\pm IT14/2$	520	+260	-260
$\overleftarrow{A}_7$	0,4	ГОСТ	600	0	-600
$\overleftarrow{A}_8$	130	h14	1000	0	-1000

Определяем номинальный размер замыкающего звена  $A_\Delta$ :

$$A_\Delta = \sum_1^m \vec{A} - \sum_1^n \overleftarrow{A}, \quad (1)$$

где  $m$  – число увеличивающих звеньев размерной цепи;

$n$  - число уменьшающих звеньев;

$A_\Delta$  – номинальный размер замыкающего звена;

$\sum_1^m \vec{A}$  – сумма номинальных размеров увеличивающих звеньев;

$\sum_1^n \overleftarrow{A}$  – сумма номинальных размеров уменьшающих звеньев.

$$A_\Delta = (10,5+0+24,75+45+24,75+26) - (0,4+130) = 131-130,4 = 0,6 \text{ мм.}$$

Определяем предельные отклонения замыкающего звена.

$$E_s A_\Delta = \sum_1^m E_s \vec{A} - \sum_1^n E_i \overleftarrow{A}, \quad (2)$$

где  $\sum_1^m E_s \vec{A}$  – сумма верхних предельных отклонений увеличивающих звеньев размерной цепи;

$\sum_1^n E_i \overleftarrow{A}$  – сумма нижних предельных отклонений уменьшающих звеньев размерной цепи.

$$E_i A_\Delta = \sum_1^m E_i \overleftarrow{A} - \sum_1^n E_s \vec{A}, \quad (3)$$

где  $\sum_1^m E_i \vec{A}$  - сумма нижних предельных отклонений увеличивающих звеньев размерной цепи;

$\sum_1^n E_s \overleftarrow{A}$  - сумма верхних предельных отклонений уменьшающих звеньев размерной цепи.

$$E_s A_{\Delta} = (0+110+250+0+250+260) - (-600-1000) = 2470 \text{ мкм};$$

$$E_i A_{\Delta} = (-430+40-250-160-250-260) - 0 = -1310 \text{ мкм}.$$

В результате расчёта получаем следующий размер замыкающего звена с отклонениями:  $0,6_{-1,310}^{+2,470}$ .

Расчёт показал, что теоретический допуск на размер замыкающего звена равен 3,78 мм.

Подпункт выполнен с использованием [5], [11].

### 3.1.2. Проектирование размерной цепи выходного вала редуктора 4МЦ2С-80 методом максимума-минимума

Допуск замыкающего звена, равный 3,78 мм, представляется достаточно большим, поэтому назначим новые отклонения на размеры.

Примем допуск замыкающего звена равным 2,4 мм.

$$A_{\Delta} = 0,6_{-0,9}^{+1,5} \text{ мм}.$$

Определим среднее число единиц допуска составляющих звеньев размерной цепи. Среднее число единиц допуска рассчитывается по формуле:

$$k_{\text{ср}} = \frac{T_{A_{\Delta}} - T_z}{\sum_1^{j-z} i_j}, \quad (4)$$

где  $T_{A_{\Delta}}$  - допуск замыкающего звена;

$T_z$  - сумма известных допусков (в данном случае, подшипников и паронитовой прокладки);

$j$  – число составляющих звеньев;

$z$  – число звеньев с известными допусками;

$i_j$  – значение единицы допуска.

$$k_{\text{ср}} = \frac{2400 - 500 - 500 - 600}{1,08 + 0,55 + 1,56 + 1,31 + 2,52} \approx 112$$

Определяем квалитет точности по [3].

$k_{\text{ср}} = 112$ , что соответствует 11 квалитету.

Далее назначим допуски на размеры составляющих звеньев.

Сведём все данные в общую таблицу.

Таблица 10.

**Новые данные звеньев размерной цепи выходного вала редуктора 4МЦ2С-80**

№ звеньев	Номинальный размер	Число единиц допуска, $i$	Квалитет точности	Допуски, мкм	Отклонения, мкм	
					$E_s$	$E_i$
$\vec{A}_1$	10,5	1,08	h11/ <b>h12</b>	110/190/ <b>180</b>	0	-110/ <b>180</b>
$\vec{A}_2$	0	0,55	-	70	+110	+40
$\vec{A}_3$	24,75	-	ГОСТ	500	+250	-250
$\vec{A}_4$	45	1,56	h11	160	0	-160
$\vec{A}_5$	24,75	-	ГОСТ	500	+250	-250
$\vec{A}_6$	26	1,31	H11	130	+130	0
$\vec{A}_7$	0,4	-	ГОСТ	600	0	-600
$\vec{A}_8$	130	2,52	h11	250	0	-250

Проверяем размерную цепь по допускам.

$$110+70+500+160+500+130+600+250=2320 \text{ мкм.}$$

$$2320 \neq 2400$$

Примем за увязывающий размер  $A_1$ .

Находим значение допуска звена  $A_1$ .

$$TA_1 = 2400 - (70 + 500 + 160 + 500 + 130 + 600 + 250) = 190 \text{ мкм.}$$

Назначаем отклонения на каждое звено размерной цепи. Наиболее близкий допуск на размер 10,5 мм находится на квалитет выше – по h12. Принимаем допуск  $A_1$  равным 180 мкм, и корректируем значение допуска размерной цепи,  $TA_{\Delta} = 2,39 \text{ мм}$ .

Подпункт выполнен с использованием [5], [11].

### 3.1.3. Расчёт размерной цепи выходного вала редуктора 4МЦ2С-80

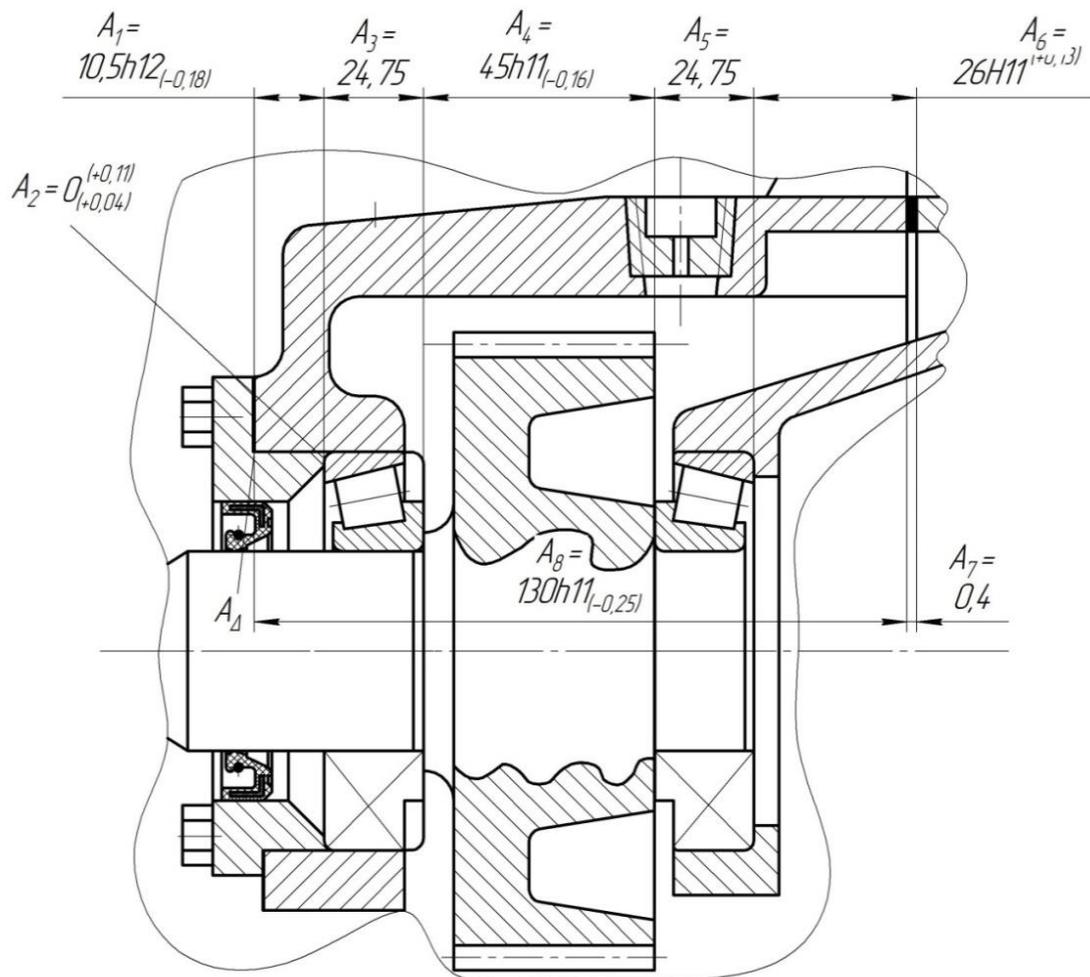


Рис. 14. Выходной вал редуктора 4МЦ2С-80 с проставленными размерами

Выполним построение размерной цепи.

На размерной цепи отмечаем размеры, указанные в чертежах комплектующих редуктора.

Перечисленные размеры представлены на схеме 4.

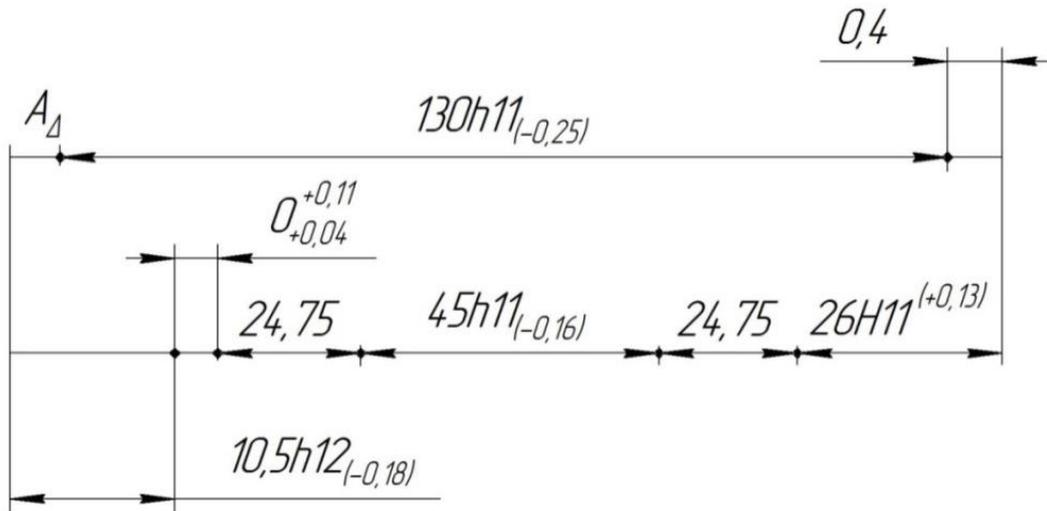


Схема 4. Размерная цепь выходного вала редуктора 4МЦ2С-80.

Далее необходимо определить увеличивающие и уменьшающие звенья.

Результат представлен на схеме 5.

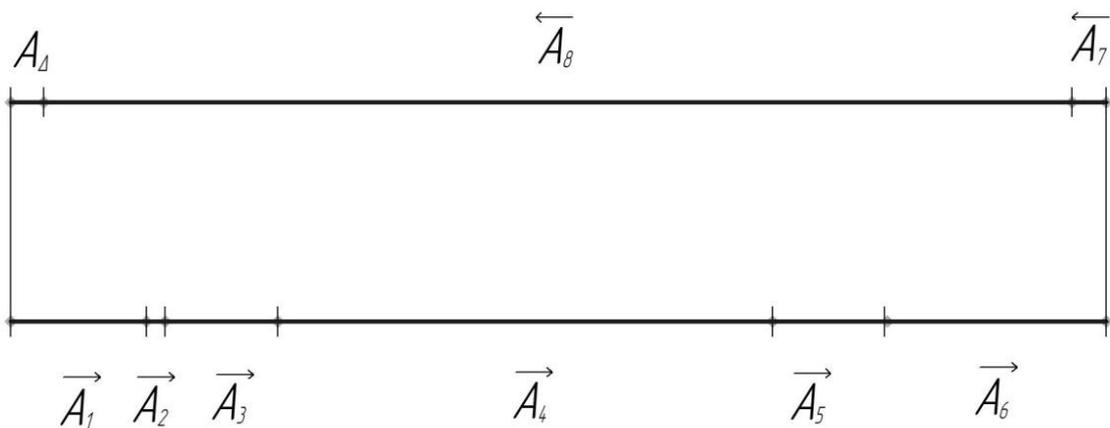


Схема 5. Определение увеличивающих и уменьшающих звеньев размерной цепи выходного вала редуктора 4МЦ2С-80.

Данные размеров – номинальный размер, качество точности, допуски и отклонения – сводим в единую таблицу.

Таблица 11.

**Итоговые данные звеньев размерной цепи выходного вала редуктора 4МЦ2С-80**

№ звеньев	Номинальный размер	Квалитет точности	Допуски, мкм	Отклонения, мкм	
				Es	Ei
$\vec{A}_1$	10,5	h12	180	0	-180
$\vec{A}_2$	0	-	70	+110	+40
$\vec{A}_3$	24,75	ГОСТ	500	+250	-250
$\vec{A}_4$	45	h11	160	0	-160
$\vec{A}_5$	24,75	ГОСТ	500	+250	-250
$\vec{A}_6$	26	H11	130	+130	0
$\vec{A}_7$	0,4	ГОСТ	600	0	-600
$\vec{A}_8$	130	h11	250	0	-250

Определение номинального размера и предельных отклонений замыкающего звена  $A_\Delta$ .

Определение номинального размера замыкающего звена  $A_\Delta$ :

$$A_\Delta = (10,5 + 0 + 24,75 + 45 + 24,75 + 26) - (0,4 + 130) = 131 - 130,4 = 0,6 \text{ мм.}$$

Определение предельных отклонений замыкающего звена:

$E_s A_\Delta = (0 + 110 + 250 + 0 + 250 + 130) - (-600 - 250) = 1590 \text{ мкм}$  – верхнее отклонение замыкающего звена;

$E_i A_\Delta = (-180 + 40 - 250 - 160 - 250) - 0 = -800 \text{ мкм}$  – нижнее отклонение замыкающего звена.

В результате расчёта получаем следующий размер замыкающего звена с отклонениями:  $0,6_{-0,8}^{1,59}$ .

Расчёт показал, что теоретический допуск на размер замыкающего звена равен 2,39 мм и совпадает со спроектированным. Соответственно, при

сборке уже в теории произойдёт потеря времени на набор компенсатора и подгонку привода.

Подпункт выполнен с использованием [5], [11].

### **3.1.4. Расчёт размерной цепи выходного вала редуктора 4МЦ2С-80 вероятностным методом**

В начале расчёта определяем единицы допуска каждого звена размерной цепи.

Далее выбираем коэффициенты относительного рассеяния и относительной асимметрии,  $\lambda_i$  и  $\alpha_i$  соответственно. Для замыкающего звена достаточно принять  $\lambda_{\Delta} = 1/3$  и  $\alpha_{\Delta} = 0$ .

Затем необходимо провести корректировку отклонений замыкающего звена. Корректировка проводится путём вычитания из допуска замыкающего звена значений отклонений подшипников (в данном случае, допуск монтажной ширины  $T$ ), а также допуска толщины паронитовой прокладки.

$$T_{A_{\Delta}} = 2390 - 500 - 500 - 600 = 790 \text{ мкм.}$$

Параллельно заполняем сводную таблицу данных.

Число единиц допуска для данной цепи определяется по формуле:

$$k_{cp} = \frac{T_{A_{\Delta}} - T_r}{t \sqrt{\sum \lambda_i^2 \cdot i_i^2}}, \quad (5)$$

где  $t$  коэффициент риска, выбираемый из таблиц значений функции Лапласа в зависимости от принятого процента риска  $P$ ;

$\lambda_i$  – коэффициент относительного рассеяния;

$i_i$  – единицы допуска для интервалов размеров.

Координаты середины поля допуска составляющих звеньев определяются по формуле:

$$E_c A_i = \frac{E_s A_i + E_i A_i}{2} \quad (6)$$

Находим координату середины поля допуска замыкающего звена. Для начала определим нижнее откорректированное отклонение:

$$E_i A_{\Delta} = -0,80 - (-1,6) = 0,8 \text{ мм.}$$

$$E_c A_i = \frac{1,59 + 0,8}{2} = 1,195 \text{ мм.}$$

В научных целях процент риска  $P$  равным  $0,27\%$ .

При  $P=0,27\%$  коэффициент риска  $t=3$ .

Определяем число единиц допуска:

$$k_{cp} = \frac{2390 - 500 - 500 - 600}{3 \sqrt{(0,4^2) \cdot (1,08^2 + 0,55^2 + 1,56^2 + 1,31^2 + 2,52^2)}} = 190$$

Число единиц допуска, рассчитанных по формуле, соответствует 12 качеству точности.

Таблица 12.

Сводная таблица расчётов

Наименование звеньев цепи		Номинал. размер, мм	i, мкм	Отклонения, мм			Допуск мм	Поле допуска	$\alpha_i$	$\lambda_{\Delta}$
Увел.	Умен.			$E_s$	$E_i$	$E_c$				
$A_{\Delta}$		0,6	0,55	+1,59	+0,8	+1,195	0,79		0	1/3
$A_1$		10,5	1,08	0/ <b>+1,295</b>	-0,18/ <b>+0,9</b>	-0,09/ <b>+1,0975</b>	0,18/ <b>0,395</b>	h12/ <b>h14</b>	0,3	0,4

Сводная таблица расчётов (продолжение)

A <sub>2</sub>		0	0,55	0	-0,10	-0,05	0,10	h12	-0,2	0,4
A <sub>4</sub>		45	1,56	0	-0,25	-0,125	0,25	h12	0,3	0,4
A <sub>6</sub>		26	1,31	+0,21	0	+0,105	0,21	H12	0	0,4
	A <sub>8</sub>	130	2,52	0	-0,40	-0,20	0,40	h12	0,3	0,4

Далее необходимо проверить размерную цепь по допускам по формуле:

$$TA_{\Delta} = t \cdot \sqrt{\sum \lambda_1^2 (TA_i)^2} \quad (7)$$

$$TA_{\Delta} = 3 \cdot \sqrt{(0,4)^2(0,18^2 + 0,1^2 + 0,25^2 + 0,21^2 + 0,4^2)} = 0,667 \text{ мм}$$

$$0,667 \neq 0,79$$

Принимаем A<sub>1</sub> за увязывающий размер и находим допуск этого звена размерной цепи. Формула для определения допуска:

$$TA_1 = \frac{1}{\lambda_1} \sqrt{\frac{TA_{\Delta}^2}{t^2} - \sum \lambda_i^2 \cdot TA_i^2} \quad (8)$$

Определяем допуск:

$$TA_1 = \frac{1}{0,4} \sqrt{\frac{0,79^2}{3^2} - 0,4^2(0,1^2 + 0,25^2 + 0,21^2 + 0,4^2)} = 0,395 \text{ мм,}$$

что соответствует 14 качеству.

Координата середины поля допуска увязывающего звена A<sub>1</sub> определяется по формуле:

$$E_c A_1 = \left( E_c A_{\Delta} + \alpha_{\Delta} \frac{TA_{\Delta}}{2} \right) + \sum \left( E_c \tilde{A}_i + \alpha_i \frac{TA_i}{2} \right) - \sum_1^3 \left( E_c \vec{A}_i + \alpha_i \frac{TA_i}{2} \right) - \alpha_1 \frac{TA_1}{2} \quad (9)$$

Находим координату середины поля допуска увязывающего звена:

$$E_c A_1 = 1,195 + 0 + \left(-0,2 + 0,3 \frac{0,4}{2}\right) - \left(-0,05 + (-0,02) \frac{0,1}{2} + (-0,125) + 0,3 \frac{0,25}{2} + 0,105 + 0\right) - 0,3 \frac{0,395}{2} = 1,0975 \text{ мм.}$$

Далее необходимо определить отклонения увязывающего звена  $A_1$  по следующим формулам:

$$E_s A_1 = E_c A_1 + \frac{T A_1}{2}; \quad (10)$$

$$E_i A_1 = E_c A_1 - \frac{T A_1}{2}. \quad (11)$$

Верхнее отклонение увязывающего звена равно:

$$E_s A_1 = 1,0975 + \frac{0,395}{2} = 1,295 \text{ мм}$$

Нижнее отклонение увязывающего звена равно:

$$E_i A_1 = 1,0975 - \frac{0,395}{2} = 0,9 \text{ мм}$$

Выполняем проверку расчётов.

$$a) \quad E_c A_\Delta + \alpha_\Delta \frac{T A_\Delta}{2} = \sum \left( E_c \vec{A}_i + \alpha_i \frac{T \vec{A}_i}{2} \right) - \sum \left( E_c \check{A}_i + \alpha_i \frac{T \check{A}_i}{2} \right) \quad (12)$$

$$(1,195 + 0) = (1,0975 + 0,3 \frac{0,395}{2}) + (-0,05) + (-0,2) \frac{0,1}{2} + (-0,125) + 0,3 \frac{0,25}{2} + 0,105 +$$

$$+ 0 - (-0,2 + 0,3 \frac{0,4}{2}) = 1,25425 \text{ мм}$$

$$1,195 \neq 1,25425$$

Первый пункт проверки показал, что равенство не выполняется. Это не значит, что расчёт проведён неверно. Неравенство показывает, что в результате перерасчёта допуска увязывающего звена и присвоения этому звену 14 качества, что существенно увеличивает рамки допуска, середина поля допуска замыкающего звена размерной цепи сместилась на величину 0,05925 мм.

Определим скорректированные отклонения замыкающего звена размерной цепи:

$$E_s A_{\Delta} = E_c A_{\Delta} + \frac{T A_{\Delta}}{2} = 1,25425 + \frac{0,79}{2} = 1,64925 \text{ мм};$$

$$E_i A_{\Delta} = E_c A_{\Delta} - \frac{T A_{\Delta}}{2} = 1,2542 - \frac{0,79}{2} = 0,85925 \text{ мм}.$$

$$\begin{aligned} \text{б)} \quad E_s A_{\Delta} - E_i A_{\Delta} &= T A_{\Delta} & (13) \\ 1,64925 - 0,85925 &= 0,79 \text{ мм} \end{aligned}$$

0,79 = 0,79, следовательно, расчёт выполнен правильно.

Сравним два проведённых метода расчёта размерной цепи выходного вала редуктора 4МЦ2С-80. В методе расчёта на максимум-минимум получены 11 качества звеньев размерной цепи, тогда как при расчёте вероятностным методом – 12 качества, а на размер  $A_1$  и вовсе назначен 14 качество. С точки зрения производства, нет особой разницы в технологии получения деталей по 11 и 12 качеству, но дальнейший анализ и все расчёты будут выполняться по методу максимума-минимума, поскольку из двух представленных он обеспечивает наименьшие предельные отклонения размеров деталей редуктора, чего и необходимо добиться для уменьшения искомой толщины компенсатора.

Подпункт выполнен с использованием [8], [9], [11].

### 3.1.5. Расчёт размерной цепи «подшипник-колесо-подшипник» выходного вала редуктора 4МЦ2С-80

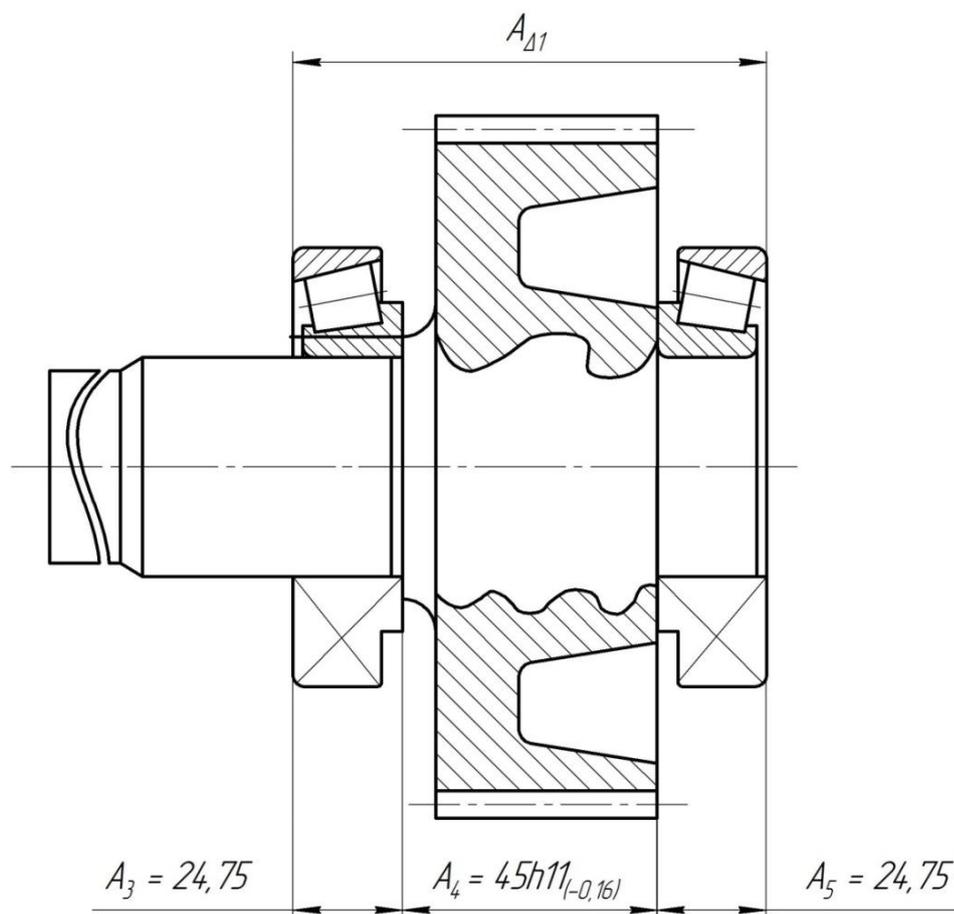


Рис. 15. Вал-колесо редуктора 4МЦ2С-80 с напрессованными подшипниками и проставленными размерами

Обратим внимание на размеры  $\vec{A}_3$ ,  $\vec{A}_4$  и  $\vec{A}_5$ . При сборке редуктора 4МЦ2С-80 на монолитное вал-колесо напрессовываются два подшипника 6-7508 (с обеих сторон зубчатого колеса) при помощи пресса, и логично предположить, что недопрессовка этих подшипников может привести к увеличению зазора между корпусом и крышкой редуктора. Для того чтобы проверить предположение, составим отдельную размерную цепь для звеньев  $\vec{A}_3$ ,  $\vec{A}_4$  и  $\vec{A}_5$ .

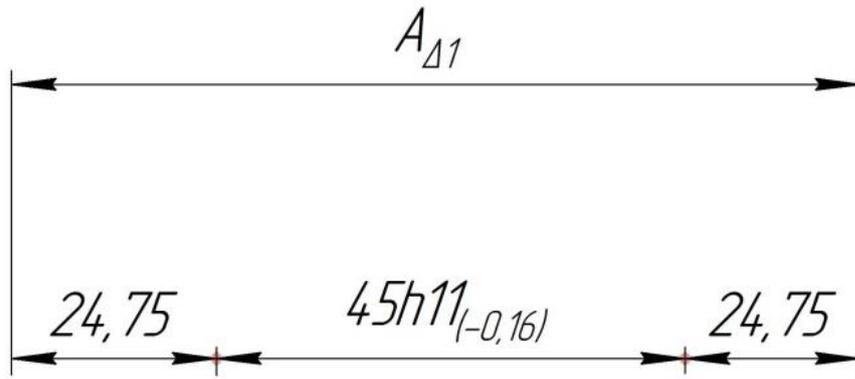


Схема 6. Размерная цепь «подшипник-колесо-подшипник» выходного вала редуктора 4МЦ2С-80.

На схеме 7 показаны увеличивающие и уменьшающие звенья размерной цепи «подшипник-колесо-подшипник» выходного вала редуктора.

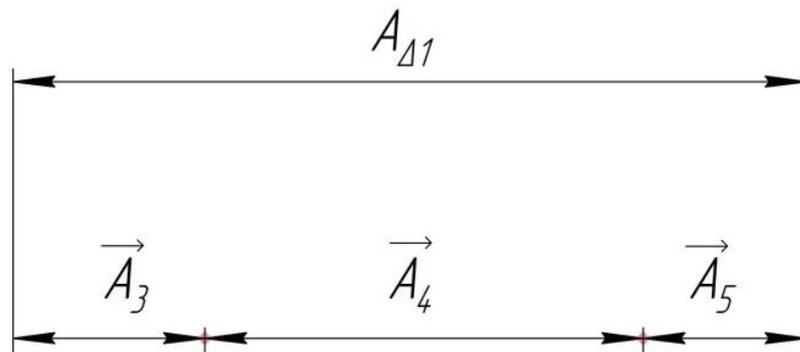


Схема 7. Определение увеличивающих и уменьшающих звеньев размерной цепи подшипник-колесо-подшипник выходного вала редуктора 4МЦ2С-80.

Составляем таблицу данных звеньев этой цепи.

Таблица 13.

**Данные звеньев размерной цепи «подшипник-колесо-подшипник» выходного вала редуктора 4МЦ2С-80**

№ звеньев	Номинальный размер	Квалитет точности	Допуски, мкм	Отклонения, мкм	
				Es	Ei
$\vec{A}_3$	24,75	ГОСТ	500	+250	-250
$\vec{A}_4$	45	h11	160	0	-160
$\vec{A}_5$	24,75	ГОСТ	500	+250	-250

Определяем номинальный размер замыкающего звена  $A_{\Delta 1}$ :

$$A_{\Delta 1} = (24,75 + 45 + 24,75) - 0 = 94,5 \text{ мм.}$$

Определяем предельные отклонения замыкающего звена:

$E_s A_{\Delta} = (250 + 0 + 250) - 0 = 500 \text{ мкм}$  – верхнее отклонение замыкающего звена;

$E_i A_{\Delta} = (-250 - 160 - 250) - 0 = -660 \text{ мкм}$  – нижнее отклонение замыкающего звена.

Получаем следующий размер замыкающего звена  $A_{\Delta 1}$  с отклонениями:  
 $94,5^{+0,5}_{-0,66}$ .

Допуск на размер равен 1,16 мм.

Сравним размер замыкающего звена с размерами, снятыми с реальных изделий на механосборочном участке ООО «ПЗМП».

Реальные размеры (мм): 94,45; 94,30; 94,90; 94,70; 94,55; 94,40; 95,15; 94,70; 94,85; 94,90; 95,05; 94,75; 94,65; 94,35, 94,55.

Составим таблицу размеров: в левый столбик отсортируем размеры, которые попали в допуск, в правый – размеры, которые превысили предельные отклонения, в порядке возрастания.

Таблица 14 .

**Реальные размеры, полученные в ходе исследования промежуточного вала**

Попали в допуск	Не попали в допуск
94,30	95,05
94,35	95,15
94,40	
94,45	
94,55	
94,55	

**Реальные размеры, полученные в ходе исследования промежуточного вала  
(продолжение)**

94,65	
94,70	
94,70	
94,75	
94,85	
94,90	
94,90	

Таким образом, два реальных размера (95,15 мм и 95,05 мм) не входят в установленный допуск. Поскольку все комплектующие выходного вала проверены ОТК, исключаем возможные погрешности обработки. Вывод: при запрессовке подшипников на данных двух валах не было обеспечено необходимое усилие запрессовки, что и сказалось на общем размере  $A_{\Delta 1}$ , который напрямую влияет на искомый зазор между корпусом и крышкой редуктора.

Подпункт выполнен с использованием [5], [11].

## 3.2. Проектирование промежуточного вала редуктора 4МЦ2С-80

### 3.2.1. Предварительный расчёт размерной цепи промежуточного вала редуктора 4МЦ2С-80

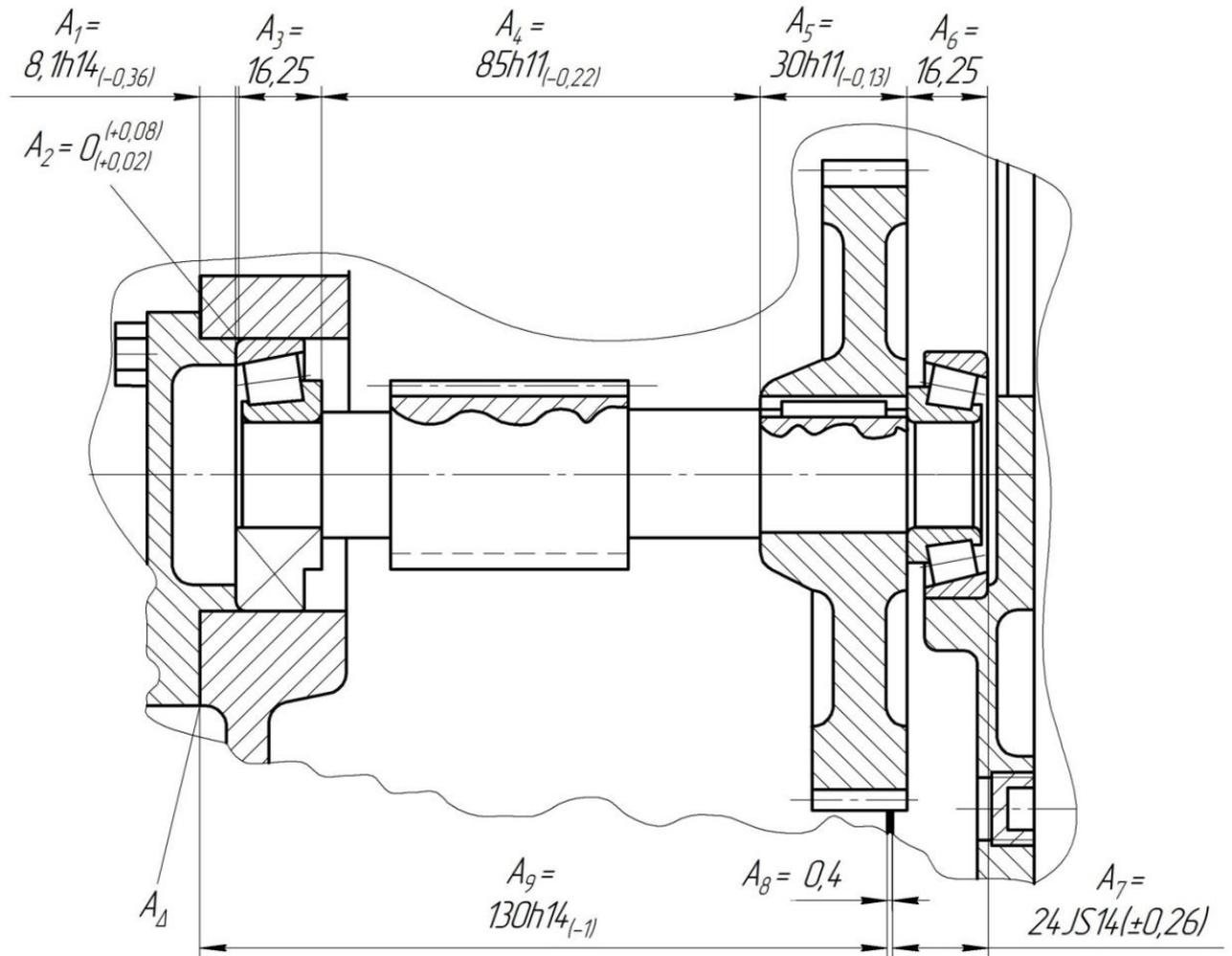


Рис. 16. Промежуточный вал редуктора 4МЦ2С-80 с проставленными размерами

В размерную цепь промежуточного вала входят десять размеров:

- 1)  $A_1$  – глубина крышки 0807.00.03 АЛ;
- 2)  $A_2$  – суммарный осевой зазор подшипников, принимаем согласно техническим требованиям чертежа;
- 3)  $A_3$  – монтажная ширина Т конического роликового однорядного подшипника 6-7304;
- 4)  $A_4$  – ширина зубчатой части вал-шестерни;

- 5)  $A_5$  – толщина зубчатого колеса 0807.5.3.0.02 («тонкое колесо»);
- 6)  $A_6$  - монтажная ширина Т конического роликового однорядного подшипника 6-7304;
- 7)  $A_7$  – расстояние от обоймы подшипника до щита 0807.2.0.0.03 АЛ;
- 8)  $A_8$  – толщина паронитовой прокладки 0807.2.0.0.04;
- 9)  $A_9$  – ширина корпуса 0807.2.0.0.01;
- 10)  $A_{\Delta}$  – замыкающее звено размерной цепи.

Допуски на размеры, так же, как и при расчёте выходного вала, назначаем по 14 квалитету, за исключением монтажной ширины подшипников (так как она должна соответствовать ГОСТ 27365-87) [2], ширины зубчатой части вал-шестерни (изготавливается по h11), толщины «тонкого» колеса (по h11), а также толщины паронитовой прокладки (по h16).

Размерная цепь представлена на схеме 8.

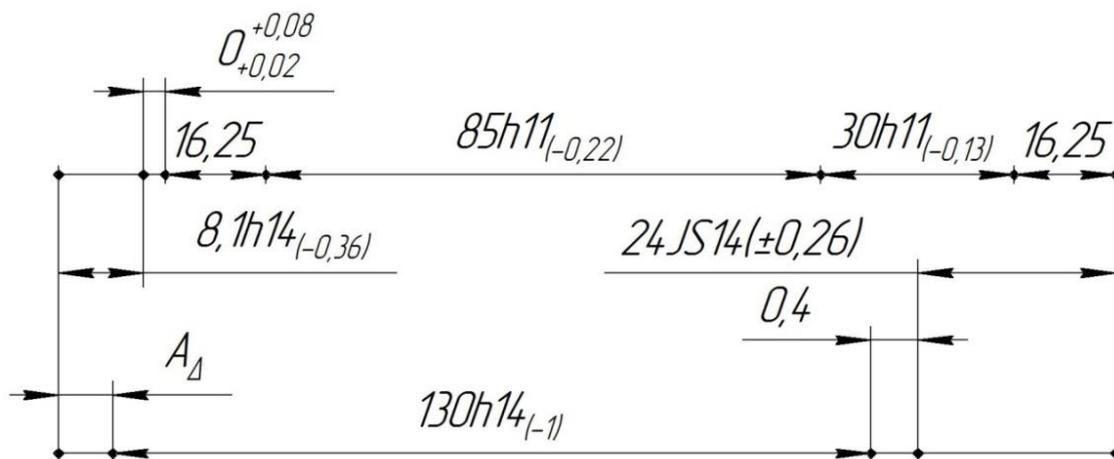


Схема 8. Размерная цепь промежуточного вала редуктора 4МЦ2С-80.

Далее необходимо по аналогии с выходным валом определить увеличивающие и уменьшающие звенья.

Определение увеличивающих и уменьшающих звеньев представлено на схеме 9.

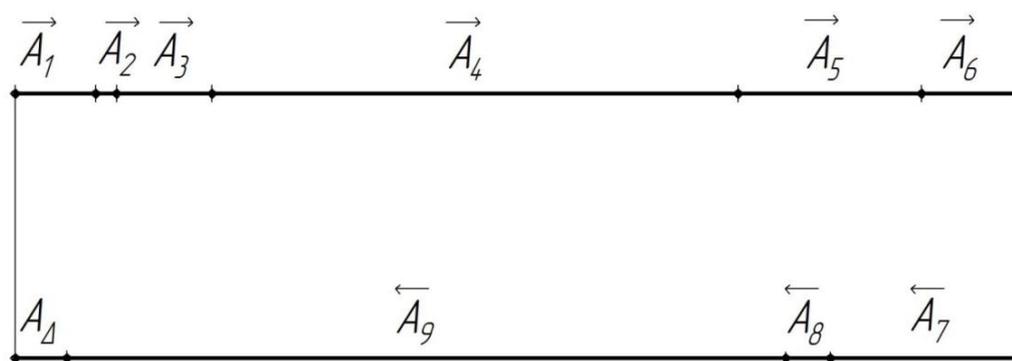


Схема 9. Определение увеличивающих и уменьшающих звеньев размерной цепи промежуточного вала редуктора 4МЦ2С-80.

Составление таблицы данных звеньев размерной цепи.

Таблица 15.

Данные звеньев размерной цепи промежуточного вала редуктора 4МЦ2С-80

№ звеньев	Номинальный размер	Квалитет точности	Допуски, мкм	Отклонения, мкм	
				Es	Ei
$\vec{A}_1$	8,1	h14	360	0	-360
$\vec{A}_2$	0	-	60	+80	+20
$\vec{A}_3$	16,25	ГОСТ	500	+250	-250
$\vec{A}_4$	85	h11	220	0	-220
$\vec{A}_5$	30	h11	130	0	-130
$\vec{A}_6$	16,25	ГОСТ	500	+250	-250
$\vec{A}_7$	24	IT14/2	520	+260	-260
$\vec{A}_8$	0,4	ГОСТ	600	0	-600
$\vec{A}_9$	130	h14	1000	0	-1000

По формулам (1), (2), (3) определяем номинальный размер и предельные отклонения замыкающего звена  $A_{\Delta}$ .

Номинальный размер:

$$A_{\Delta} = (8,1 + 0 + 16,25 + 85 + 30 + 16,25) - (24 + 130 + 0,4) = 1,2 \text{ мм.}$$

Предельные отклонения:

$E_s A_{\Delta} = (0+80+250+0+0+250) - (-260-600-1000) = 2440$  мкм – верхнее отклонение замыкающего звена;

$E_i A_{\Delta} = (-360+20-250-220-130-250) - (260 +0+0) = -1450$  мкм – нижнее отклонение замыкающего звена.

В результате расчёта получаем следующий размер замыкающего звена с отклонениями:  $1,2_{-1,45}^{2,44}$ .

Теоретический допуск замыкающего звена размерной цепи промежуточного вала редуктора равен 3,89 мм.

Подпункт выполнен с использованием [5], [11].

### 3.2.2. Проектирование размерной цепи промежуточного вала редуктора 4МЦ2С-80 методом максимума-минимума

Аналогично проектированию размерной цепи выходного вала, проведём проектирование размерной цепи промежуточного вала.

Теоретический допуск замыкающего звена равен 3,89 мм, что больше теоретического допуска замыкающего звена выходного вала на 0,11 мм, соответственно, примем  $T_{A_{\Delta}}$  чуть больше.

$$T_{A_{\Delta}} = 2,5 \text{ мм.}$$

$$A_{\Delta} = 1,2_{-0,95}^{+1,55} \text{ мм.}$$

Определим среднее число единиц допуска составляющих звеньев размерной цепи.

$$k_{\text{ср}} = \frac{2500 - 500 - 500 - 600}{0,90 + 0,55 + 2,17 + 1,31 + 1,31 + 2,52} \approx 102$$

Определяем квалитет точности по [3].

$k_{\text{ср}} = 102$ , что соответствует 11 квалитету.

Назначаем допуски на размеры составляющих звеньев по ГОСТ 25346-89.

Сведём все данные в общую таблицу.

Таблица 16.

**Новые данные звеньев размерной цепи промежуточного вала редуктора 4МЦ2С-80**

№ звеньев	Номинальный размер	Число единиц допуска, $i$	Квалитет точности	Допуски, мкм	Отклонения, мкм	
					$E_s$	$E_i$
$\vec{A}_1$	8,1	0,90	h11/h12	90/110/150	0	-90/-150
$\vec{A}_2$	0	0,55	-	60	+80	+20
$\vec{A}_3$	16,25	-	ГОСТ	500	+250	-250
$\vec{A}_4$	85	2,17	h11	220	0	-220
$\vec{A}_5$	30	1,31	h11	130	0	-130
$\vec{A}_6$	16,25	-	ГОСТ	500	+250	-250
$\vec{A}_7$	24	1,31	H11	130	+130	0
$\vec{A}_8$	0,4	-	ГОСТ	600	0	-600
$\vec{A}_9$	130	2,52	h11	250	0	-250

Проверяем размерную цепь по допускам.

$$90+60+500+220+130+500+130+600+250=2480 \text{ мкм}$$

$$2480 \neq 2500$$

Примем за увязывающий размер  $A_1$ .

Найдём значение допуска размера  $A_1$ :

$$TA_1 = 2500 - (60+500+220+130+500+130+600+250) = 110 \text{ мкм.}$$

Аналогично проектированию размерной цепи выходного вала, назначаем отклонения на каждое звено размерной цепи. Наиболее близкий допуск на размер 8,1 мм находится по h11, но поскольку принять допуск меньше рассчитанного нельзя, примем допуск на квалитет выше – по h12. Принимаем допуск  $A_1$  равным 150 мкм, и корректируем значение допуска размерной цепи,  $TA_{\Delta} = 2,54$  мм.

Подпункт выполнен с использованием [5], [11].

### 3.2.3. Расчёт размерной цепи промежуточного вала редуктора 4МЦ2С-80

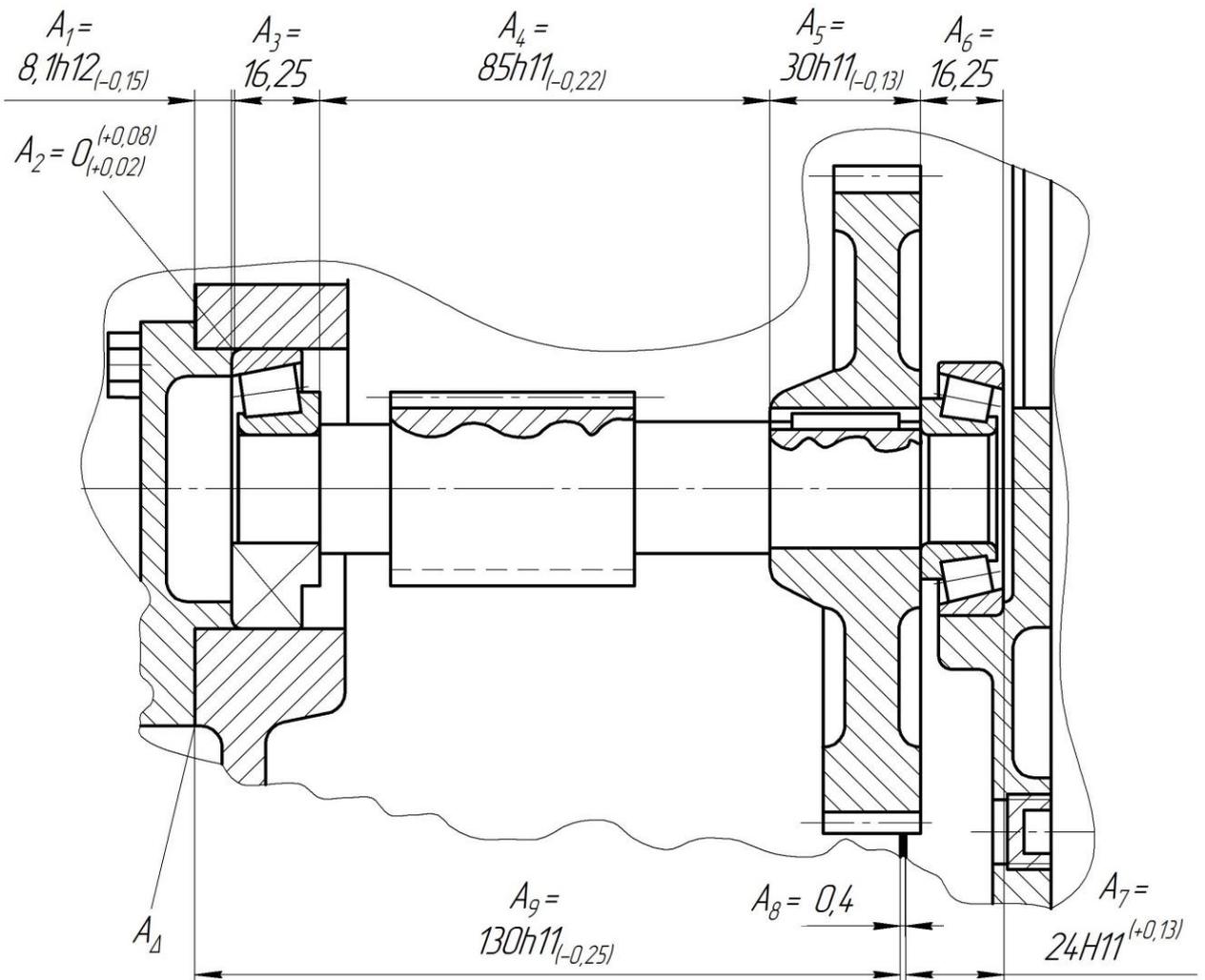


Рис. 17. Промежуточный вал редуктора 4МЦ2С-80 с проставленными размерами

Прежде чем приступить к расчёту, необходимо построить цепь. На этой цепи отмечаются размеры с соответствующими квалитетами и отклонениями. Размеры берутся с чертежей комплектующих деталей, входящих в данную размерную цепь.

На схеме 10 представлены все перечисленные размеры.

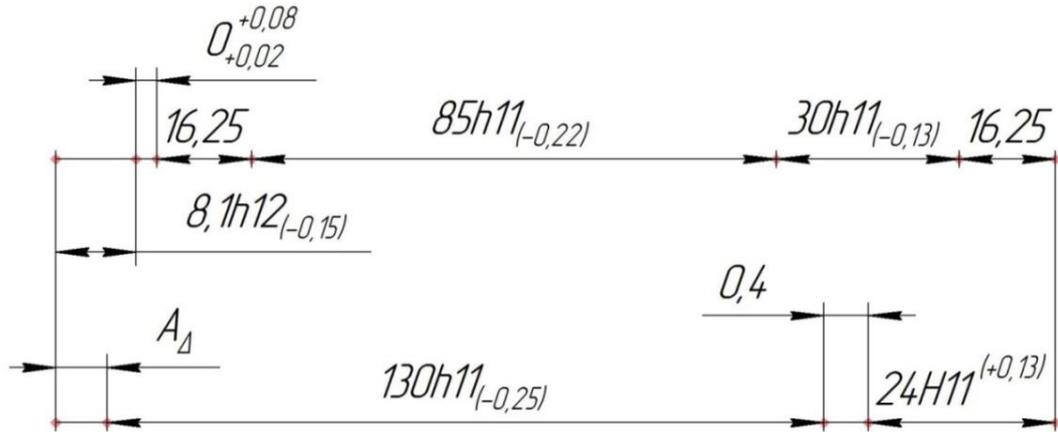


Схема 10. Размерная цепь промежуточного вала редуктора 4МЦ2С-80.

Далее необходимо определить увеличивающие и уменьшающие звенья.

Определение увеличивающих и уменьшающих звеньев представлено на схеме 11.

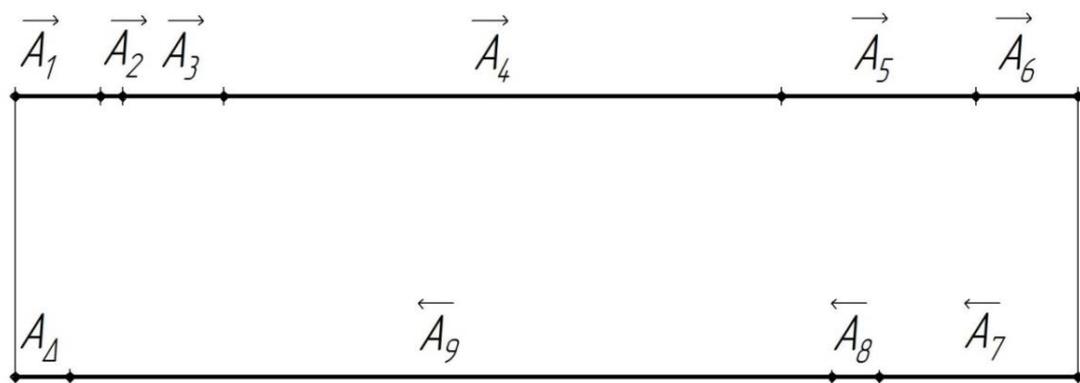


Схема 11. Определение увеличивающих и уменьшающих звеньев размерной цепи промежуточного вала редуктора 4МЦ2С-80.

Составление таблицы данных звеньев размерной цепи.

**Итоговые данные звеньев размерной цепи промежуточного вала редуктора  
4МЦ2С-80**

№ звеньев	Номинальный размер	Квалитет точности	Допуски, мкм	Отклонения, мкм	
				Es	Ei
$\vec{A}_1$	8,1	h12	150	0	-150
$\vec{A}_2$	0	-	60	+80	+20
$\vec{A}_3$	16,25	ГОСТ	500	+250	-250
$\vec{A}_4$	85	h11	220	0	-220
$\vec{A}_5$	30	h11	130	0	-130
$\vec{A}_6$	16,25	ГОСТ	500	+250	-250
$\vec{A}_7$	24	H11	130	+130	0
$\vec{A}_8$	0,4	ГОСТ	600	0	-600
$\vec{A}_9$	130	h11	250	0	-250

По формулам (1), (2), (3) определяем номинальный размер и предельные отклонения замыкающего звена  $A_\Delta$ .

Номинальный размер:

$$A_\Delta = (8,1+0+16,25+85+30+16,25) - (24+130+0,4) = 1,2 \text{ мм.}$$

Предельные отклонения:

$E_s A_\Delta = (0+80+250+0+0+250) - (0-600-250) = 1430 \text{ мкм}$  – верхнее отклонение замыкающего звена;

$E_i A_\Delta = (-150+20-250-220-130-250) - (130 +0+0) = -1110 \text{ мкм}$  – нижнее отклонение замыкающего звена.

В результате расчёта получаем следующий размер замыкающего звена с отклонениями:  $1,2_{-1,11}^{1,43}$ .

Теоретический допуск замыкающего звена размерной цепи промежуточного вала редуктора равен 2,54 мм, что совпадает со спроектированным.

Подпункт выполнен с использованием [5], [11].

### 3.2.4. Расчёт размерной цепи «подшипник-вал-колесо-подшипник» промежуточного вала редуктора 4МЦ2С-80

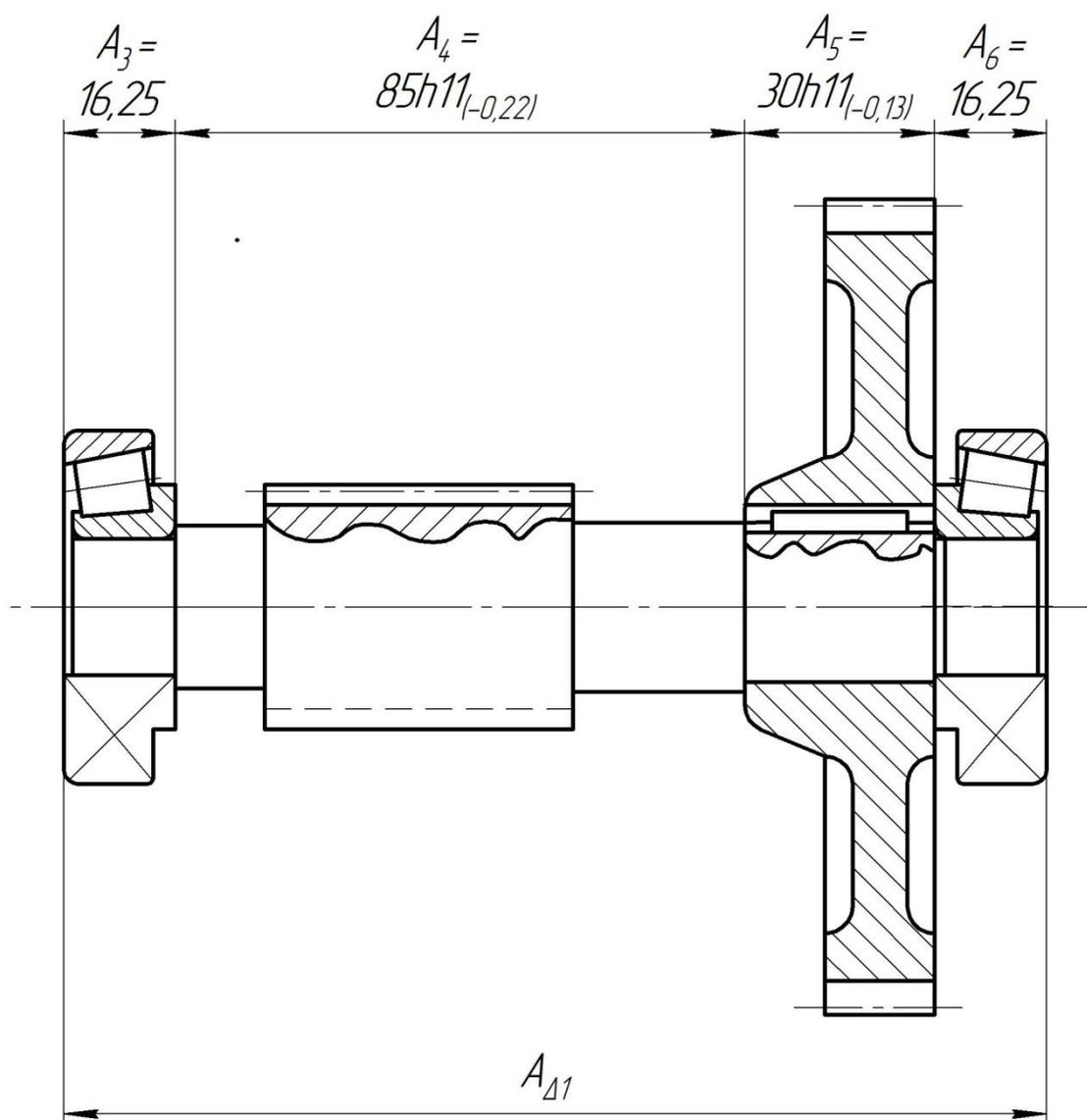


Рис. 18. Вал-шестерня редуктора 4МЦ2С-80 в соединении с зубчатым колесом и напрессованными подшипниками с проставленными размерами

Аналогично анализу выходного вала, обратим внимание на размеры  $\vec{A}_3$ ,  $\vec{A}_4$ ,  $\vec{A}_5$  и  $\vec{A}_6$ . В отличие от выходного вала, основу которого составляет вал-колено, изготавливаемое монолитным, промежуточный вал состоит из вал-шестерни и зубчатого колеса («тонкое колесо»). Прежде чем произвести напрессовку подшипников, сначала необходимо запрессовать вал-шестерню в отверстие зубчатого колеса. Большое число звеньев размерной цепи, а также большой размер замыкающего звена дают право предположить, что недопрессовка подшипников промежуточного вала увеличит зазор между корпусом редуктора и крышкой в большем числе случаев, нежели при исследовании выходного вала.

Предположение можно проверить, построив размерную цепь из этих четырёх звеньев. Искомый размер от подшипника до подшипника будет в таком случае замыкающим звеном.

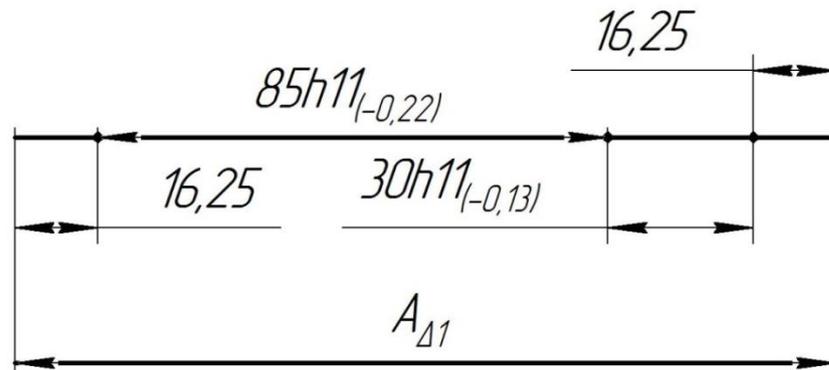


Схема 12. Размерная цепь «подшипник-вал-колесо-подшипник» промежуточного вала редуктора 4МЦС-80.

Определение увеличивающих и уменьшающих звеньев размерной цепи.

При данном  $A_{\Delta 1}$  получается, что уменьшающие звенья в размерной цепи отсутствуют. Результат представлен на схеме 13.

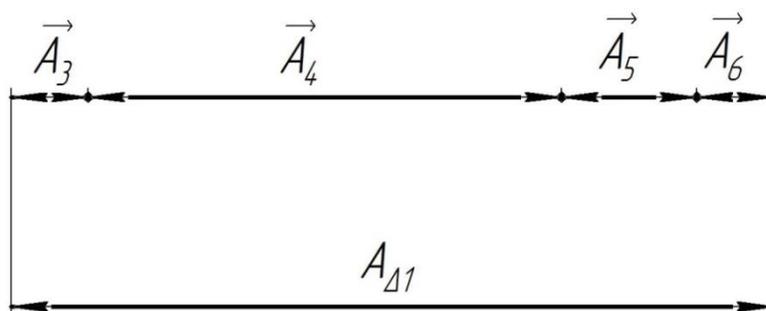


Схема 13. Определение увеличивающих и уменьшающих звеньев размерной цепи «подшипник-вал-колесо-подшипник» промежуточного вала редуктора 4МЦ2С-80.

Составление таблицы данных звеньев размерной цепи.

Таблица 18.

Данные звеньев размерной цепи «подшипник-вал-колесо-подшипник»  
промежуточного вала редуктора 4МЦ2С-80

№ звеньев	Номинальный размер	Квалитет точности	Допуски, мкм	Отклонения, мкм	
				Es	Ei
$\vec{A}_3$	16,25	ГОСТ	500	+250	-250
$\vec{A}_4$	85	h11	220	0	-220
$\vec{A}_5$	30	h11	130	0	-130
$\vec{A}_6$	16,25	ГОСТ	500	+250	-250

Определение номинального размера замыкающего звена и его предельных отклонений.

Определяем номинальный размер замыкающего звена  $A_{\Delta 1}$ :

$$A_{\Delta 1} = (16,25 + 85 + 30 + 16,25) - 0 = 147,5 \text{ мм.}$$

Определяем предельные отклонения замыкающего звена:

$$E_s A_{\Delta} = (250 + 0 + 0 + 250) - 0 = 500 \text{ мкм} - \text{верхнее предельное отклонение;}$$

$E_i A_{\Delta} = (-250 - 220 - 130 - 250) - 0 = -850 \text{ мкм} - \text{нижнее предельное отклонение.}$

Получаем следующий размер замыкающего звена  $A_{\Delta 1}$  с отклонениями:  
 $147,5^{+0,5}_{-0,85}$ .

Теоретический допуск на размер равен 1,35 мм.

Сравним размер замыкающего звена с размерами, снятыми с реальных изделий на механосборочном участке ООО «ПЗМП».

Экспериментально полученные размеры: 147,80; 147,25; 148,50; 147,95; 147,45; 148,10; 148,25; 148,05; 147,70; 148,55; 147,15; 149,70, 147,20, 147,80; 148,40.

Сведём все размеры в общую таблицу, аналогично размерам выходного вала.

Таблица 19.

**Реальные размеры, полученные в ходе исследования промежуточного вала**

Попали в допуск	Не попали в допуск
147,15	148,05
147,20	148,10
147,25	148,25
147,45	148,40
147,70	148,50
147,80	148,55
147,80	149,70
147,95	

Из таблицы видно, что почти половина размеров не входит в установленный допуск. Это значит, что примерно в половине случаев не обеспечивается необходимое усилие запрессовки подшипников на вал, что влечёт за собой увеличение замыкающего звена  $A_{\Delta 1}$ , а это, в свою очередь, приводит к тому, что увеличивается зазор между корпусом редуктора и крышкой подшипника.

Подпункт выполнен с использованием [5], [11].

### 3.3. Расчёт усилий запрессовки подшипников

#### 3.3.1. Расчёт усилия запрессовки подшипника 6-7508

Усилие запрессовки подшипника  $P_{запр}$  определяется по формуле:

$$P_{запр} = f_k \cdot f_e \cdot N_{max} \cdot 10, \quad (14)$$

где  $N_{max}$  – наибольший натяг между циркуляционно нагруженным кольцом подшипника и валом, мкм;

$f_k$  – фактор сопротивления, зависящий от коэффициента трения (при напрессовании принимается  $f_k = 4$ , при снятии с вала  $f_k = 6$ );

$f_e$  = фактор, зависящий от размеров кольца и определяемый по формуле:

$$f_e = B \cdot [1 - (\frac{d}{d_0})^2], \quad (15)$$

где  $d$  – диаметр внутреннего кольца, мм;

$B$  – ширина кольца, мм;

$d_0$  – приведённый наружный диаметр внутреннего кольца, мм, определяющийся по формуле:

$$d_0 = d + \frac{(D-d)}{4}. \quad (16)$$

Наибольший натяг  $N_{max}$  определяется по формуле

$$N_{max} = es - EI. \quad (17)$$

Размеры подшипника:  $D = 80$  мм;  $d = 40$  мм;  $B = 23$  мм.

По чертежу диаметр вала под подшипник имеет размер  $\text{Ø}40\text{k}6_{+0,002}^{+0,018}$ , отклонение  $D_{dm}$  находим по [4].

Определяем отклонения вала и подшипника, сводим их в таблицу.

Таблица 20.

Отклонения системы вал-подшипник.

Внутреннее кольцо	Вал
$\text{Ø}40_{-0,01}$	$\text{Ø}40\text{k}6_{+0,002}^{+0,018}$

Отсюда находим  $es = 0,018$  мм,  $EI = -0,01$  мм.

Вычисляем максимальный натяг  $N_{max}$ :

$$N_{max} = 0,018 - (-0,01) = 0,028 \text{ мм} = 28 \text{ мкм.}$$

Определяем приведённый наружный диаметр внутреннего кольца:

$$d_0 = 40 + (80-40)/4 = 50 \text{ мм.}$$

Определяем фактор, зависящий от размеров кольца:

$$f_e = 23 * [1 - (\frac{40}{50})^2] = 8,28 \text{ мм.}$$

Так как подшипник в данном случае напрессовывается на вал, принимаем  $f_k = 4$  и находим усилие, потребное для запрессовки подшипника:

$$P_{запр} = 4 * 8,28 * 28 * 10 = 9273,6 \text{ Н.}$$

Подпункт выполнен с использованием [5].

### 3.3.2. Расчёт усилия запрессовки подшипника 6-7304

Расчёт выполняется аналогично расчёту усилия запрессовки подшипника 6-7508.

Размеры подшипника:

$$D = 52 \text{ мм};$$

$$d = 20 \text{ мм};$$

$$B = 15 \text{ мм}.$$

По чертежу диаметр вала под подшипник имеет размер  $\text{Ø}20\text{k}6_{+0,002}^{+0,015}$ , отклонение  $D_{dm}$  находим по [4].

Определяем отклонения вала и подшипника, сводим их в таблицу.

Таблица 21.

**Отклонения системы вал-подшипник**

Внутреннее кольцо	Вал
$\text{Ø}20_{-0,008}$	$\text{Ø}20\text{k}6_{+0,002}^{+0,015}$

Отсюда находим  $es = 0,015 \text{ мм}$ ,  $EI = -0,008 \text{ мм}$ .

Вычисляем максимальный натяг  $N_{\max}$ :

$$N_{\max} = 0,015 - (-0,008) = 0,023 \text{ мм} = 23 \text{ мкм}.$$

Определяем приведённый наружный диаметр внутреннего кольца:

$$d_0 = 20 + (52-20)/4 = 28 \text{ мм}.$$

Определяем фактор, зависящий от размеров кольца:

$$f_e = 15 * [1 - (\frac{20}{28})^2] = 7,347 \text{ мм}.$$

Так как подшипник в данном случае напрессовывается на вал, принимаем  $f_k = 4$  и находим усилие, потребное для запрессовки подшипника:

$$P_{\text{запр}} = 4 * 7,347 * 23 * 10 = 6759,24 \text{Н.}$$

Подпункт выполнен с использованием [5].

### 3.3.3. Проверка оборудования на условие запрессовки

Поскольку подшипники на выходном и промежуточном валах оказываются недопрессованными, необходимо проверить, обеспечивает ли выбранное оборудование рассчитанное усилие запрессовки подшипников.

В таблице 1 указано номинальное усилие пресса, которое равняется 400 кН.

$$400000 \text{Н} > 9273,6 \text{Н}$$

$$400000 \text{Н} > 6759,24 \text{Н}$$

Рассчитаем максимальный натяг подшипников, обеспечиваемый на прессе гидравлическом запрессовочном одностоечном П6326, выразив из формулы (14) искомый натяг  $N_{\text{max}}$ :

$$N_{\text{max}} = \frac{P_{\text{запр}}}{fk * fe * 10}, \text{ мкм} \quad (18)$$

Оборудование обеспечит запрессовку подшипника 6-7508 при следующем максимальном натяге:

$$N_{\text{max}} = \frac{400000}{4 * 8,28 * 10} = 1207 \text{ мкм}$$

Оборудование обеспечит запрессовку подшипника 6-7304 при следующем максимальном натяге:

$$N_{\max} = \frac{400000}{4 * 7,347 * 10} = 1361,1 \text{ мкм}$$

Из расчёта видно, что все необходимые условия выполняются, выбранный пресс должен полностью напрессовывать все подшипники на валы. Более того, максимальное усилие прессы больше необходимого для подшипника 6-7508 в 145,8 раза, а также больше необходимого для подшипника 6-7304 в 185,3 раза, соответственно, недопрессовка происходит не по вине оборудования.

Вероятнее всего, что слесари механо-сборочных работ сами недопрессовывают подшипники, чтобы не повредить излишним усилием деталям редуктора, в частности, зубчатым частям вал-колёс, вал-шестерен и тонких зубчатых колёс. Соответственно, повторная напрессовка недопрессованного подшипника точно приведёт к поломке деталей, либо выведет из строя подшипник, поэтому они остаются недопрессованными, и в таком состоянии помещаются в корпус редуктора для дальнейшей сборки.

Подпункт выполнен с использованием [5].

### **3.4. Выводы**

Поскольку было выяснено, что величина зазора между крышкой и корпусом редуктора напрямую зависит от размера, обеспечиваемого напрессовкой подшипников, то очевидно, что чем меньше этот размер, тем меньше будет зазор и, следовательно, толщина компенсатора. Количество прокладок разной толщины, используемых для набора компенсатора, тоже должно сокращаться.

Искомый зазор был уменьшен в ходе работы на стадии проектирования размерных цепей валов и их анализа. Но недопрессовка подшипников, особенно на промежуточном валу, почти в 50% случаев приводит к тому, что

размер, обеспечиваемый напрессовкой подшипников, выходит за пределы установленного допуска, что вновь увеличит размер толщины компенсатора.

Недопрессовка подшипников, вероятно, возникает из-за человеческого фактора, поскольку для этих целей на ОАО «ПЗМП» используется оборудование, в десятки раз превышающее требуемое усилие, и слесари механо-сборочных работ намеренно недопрессовывают подшипники, чтобы избежать возможных поломок.

Возможным вариантом решения проблемы могла бы стать замена оборудования на пресс с меньшим максимальным усилием, но это излишние затраты, на которые руководство предприятия пойти не готово, поскольку сложно оценить примерные сроки окупаемости этого оборудования.

В связи с этим предлагается решение, которое не устраняет данной проблемы прямо и полностью, но поможет косвенно. В технологический процесс сборки мотор-редуктора 4МЦ2С-80 предлагается добавить две операции замера размеров, обеспечиваемых напрессовкой подшипников 6-7508 и 6-7304 на выходном и промежуточном валах соответственно. Замеры будут проводиться штангенциркулем нониусным «ЗУБР ЭКСПЕРТ» ШЦ-I-150-0,05.

Замеры, производимые ещё на этапе сборки валов редуктора, позволят узнать заранее, входят ли размеры, обеспечиваемые напрессовкой подшипников, в установленный допуск, что даст слесарям механо-сборочных работ приблизительную информацию о размере набираемого прокладками компенсатора ещё до этапа подгонки редуктора; набор компенсатора будет проводиться уже не «вслепую», а с примерным пониманием конечной толщины, что, несомненно, позволит сэкономить время, затрачиваемое на сборку мотор-редуктора, а это, в свою очередь, во-первых, сэкономит затраты предприятия, например, на электричество и заработную плату работникам (если работник получает оклад), а во-вторых, на перспективу, увеличит доход посредством увеличения изготовленных единиц продукции за единицу времени.

Усовершенствованный технологический процесс сборки мотор-редуктора 4МЦ2С-80 был проверен на практике на механо-сборочном участке Псковского завода механических приводов. Установлено, что замеры размеров, обеспечиваемых напрессовкой подшипников, экономят в среднем 7 минут на набор двух компенсаторов (подгонку редуктора). Это значит, что при норме времени сборки в 60 минут, на сборку одного редуктора тратилось в среднем 53 минуты, что на 11,7% быстрее.

### **3.5. Экономическая оценка эффективности использования результатов работы**

Количество редукторов  $N$  типоразмера 4МЦ2С-80, выпускаемых в год одним слесарем механо-сборочных работ, определяется по формуле:

$$N = \frac{60 \cdot q}{T} (n \cdot p - z), \quad (19)$$

где  $n$  – количество часов рабочей смены;

$q$  – количество смен;

$p$  – количество рабочих дней в году (в среднем за последние 5 лет);

$z$  – количество предпраздничных дней в году;

$T$  – норма времени на сборку единицы продукции.

При 247 рабочих днях, 6 предпраздничных и одной 8-часовой смене в день, получаем:

$$N = \frac{60 \cdot 1}{60} (8 \cdot 247 - 6) = 1970 \text{ шт.}$$

Планируемое количество редукторов  $N_1$  типоразмера 4МЦ2С-80, выпускаемых в год одним слесарем механо-сборочных работ по усовершенствованному технологическому процессу сборки:

$$N_1 = \frac{60 \cdot 1}{53} (8 \cdot 247 - 6) = 2230,19 \approx 2230 \text{ шт.}$$

Усовершенствованный техпроцесс сборки мотор-редуктора 4МЦ2С-80 позволяет изготавливать на 260 мотор-редукторов, или на 13,2%, в год больше, чем по старому технологическому процессу.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы над магистерской диссертацией по теме «анализ точности размеров, входящих в сборочные размерные цепи, на примере мотор-редуктора» было выполнено следующее:

- 1) определены цели и задачи, актуальность данной работы;
- 2) в теоретической части были предоставлены сведения о мотор-редукторах, а также произведён выбор оборудования и инструмента для сборки мотор-редуктора 4МЦ2С-80;
- 3) в конструкторской части:
  - спроектирован процесс сборки мотор-редуктора 4МЦ2С-80;
  - выполнена схема сборки;
- 4) в проектной части:
  - выполнено проектирование выходного вала редуктора 4МЦ2С-80 методом максимума-минимума и вероятностным методом;
  - выполнено проектирование промежуточного вала редуктора 4МЦ2С-80;
  - проведён расчёт усилий запрессовки подшипников;
  - сформулированы выводы и проведена экономическая оценка эффективности использования результатов работы;
- 4) в приложении:
  - в приложении к диплому также представлен чертёж мотор-редуктора 4МЦ2С-80, спецификация, маршрутные карты и презентация к защите.

Таким образом, проведён анализ точности размеров, входящих в сборочные размерные цепи, на примере мотор-редуктора, полностью удовлетворяющий установленные цели и задачи.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 29067-91. Редукторы и мотор-редукторы. Классификация.
2. ГОСТ 27365-87. Подшипники роликовые конические однорядные повышенной грузоподъемности.
3. ГОСТ 25346-89. Основные нормы взаимозаменяемости. ЕСДП. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений.
4. ГОСТ 520-89. Подшипники качения. Общие технические условия.
5. Ершова И.Г., Евгеньева Е.А. Метрология, стандартизация и сертификация: методические указания по выполнению курсовой работы. – Псков: Издательство ППИ, 2011. – 124 с.: ил.
6. Зайцев Г.Н., Макарова Т.А. Основы взаимозаменяемости. Учеб. пособие. – СПб.: СПбГИЭУ, 2009. – 349 с.
7. Игнатищев, Р. М. Об экономической значимости редукторной ветви научно-технического прогресса. Структура, особенности и достоинства синусоэксцентрикковых передач [Текст] / Р. М. Игнатищев // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2008. – №3. – С. 73-81.
8. Магда В.И., Ершова И.Г., Евгеньева Е.А. Метрология, стандартизация и сертификация: Метод. пособие. 2-е изд. Псков, 2004, - 131 с.
9. РД 50-635-87. Методические указания. Цепи размерные. Основные понятия. Методы расчета линейных и угловых цепей.
10. Редукторы и мотор-редукторы общемашиностроительного применения: Справочник / Л.С.Бойко, А.З. Высоцкий, Э.Н. Галиченко и др. – М.: Машиностроение, 1984. – 247 с., ил. (Б-ка конструктора).
11. Солонин И.С., Солонин С.И. Расчёт сборочных и технологических размерных цепей – М.: Машиностроение, 1980. - 110 с.
12. Фещенко В.Н. Справочник конструктора. Книга 2. Проектирование машин и их деталей: учеб.-прак. пос. / В.Н.Фещенко. – М.: Инфра-Инженерия, 2016. – 400 с.

13. Шкуркин, В.В., Дмитриев, С.И., Евгеньева, Е.А. Магистерская диссертация. Методические рекомендации для студентов-магистрантов, обучающихся по направлению подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств». — Псков: Псковский государственный университет, 2016. — 36 стр.

# АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ РАЗМЕРОВ, ВХОДЯЩИХ В СБОРОЧНЫЕ РАЗМЕРНЫЕ ЦЕПИ, НА ПРИМЕРЕ МОТОР-РЕДУКТОРА



Выполнил: студент группы 0032-07М

Усик Антон Максимович

Руководитель: старший преподаватель кафедры  
технологии машиностроения

Евгеньева Евгения Анатольевна

# Цель и задачи работы



**Цель** – сокращение и упрощение процесса сборки цилиндрических двухступенчатых соосных редукторов.

## **Задачи:**

- 1) Составление маршрута существующего процесса сборки редуктора.
- 2) Первоначальный расчёт размерных цепей валов редуктора 4МЦ2С-80, выпускающегося на предприятии ОАО «ПЗМП».
- 3) Назначение новых допусков и отклонений на размеры, входящие в сборочную цепь.
- 4) Предложение решения существующей проблемы, которое уменьшит процесс сборки редуктора.

# Актуальность



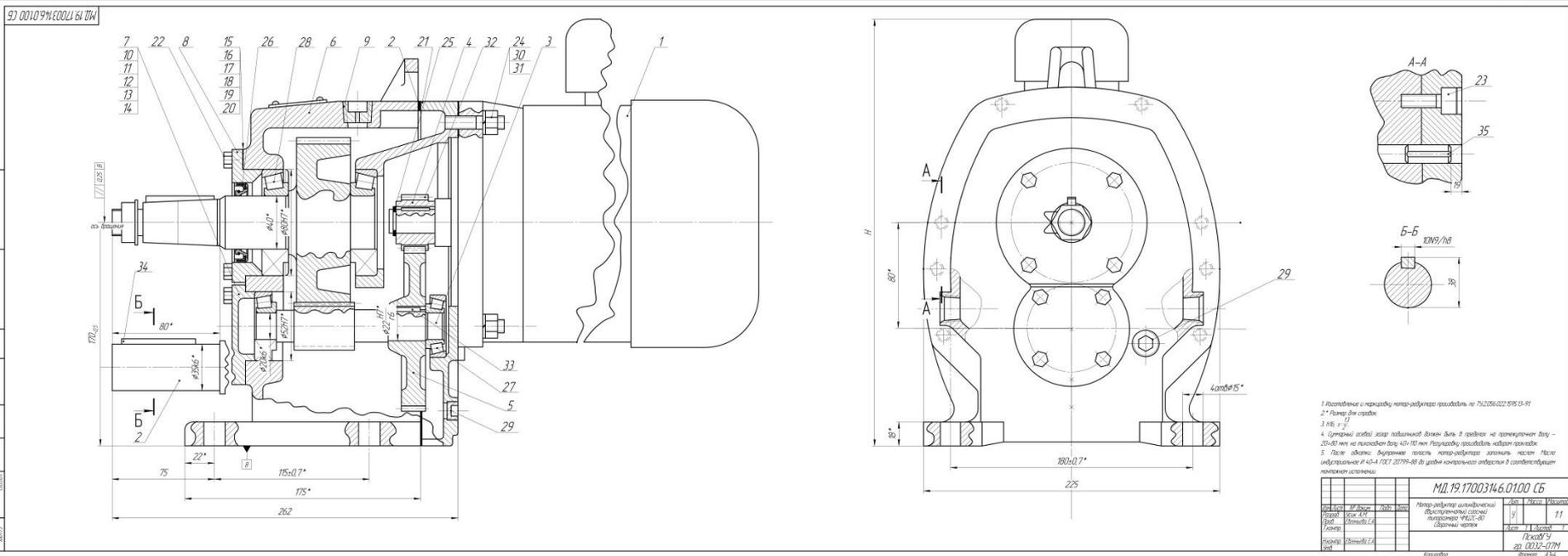
- Несмотря на массовое внедрение электроники во все сферы деятельности человека, механические приводы, в частности, мотор-редукторы, остаются востребованными до сих пор.
- Чтобы своевременно выпускать готовую продукцию, ОАО «ПЗМП» необходимо сокращать время изготовления мотор-редукторов, причём это скажется не только на самой прибыли, но и на экономии предприятия.

# Выявленная проблема



- Самая большая проблема при сборке мотор-редуктора – это набор компенсатора, обеспечивающего устранение зазора между крышкой редуктора и его корпусом.
- Полностью этот зазор устранить невозможно, но для того чтобы сократить время на данную операцию, достаточно уменьшить искомый зазор.

# Сборочный чертёж редуктора 4МЦ2С-80







*Рис.1. Корпуса редуктора 4МЦ2С-80*

*Рис.2. Подготовленный для сборки корпус  редуктора 4МЦ2С-80*



*Рис.3. Подготовленные корпуса редуктора 4МЦ2С-80 на сборочном конвейере*



*Рис.4. Готовый промежуточный вал с запрессованными подшипниками*

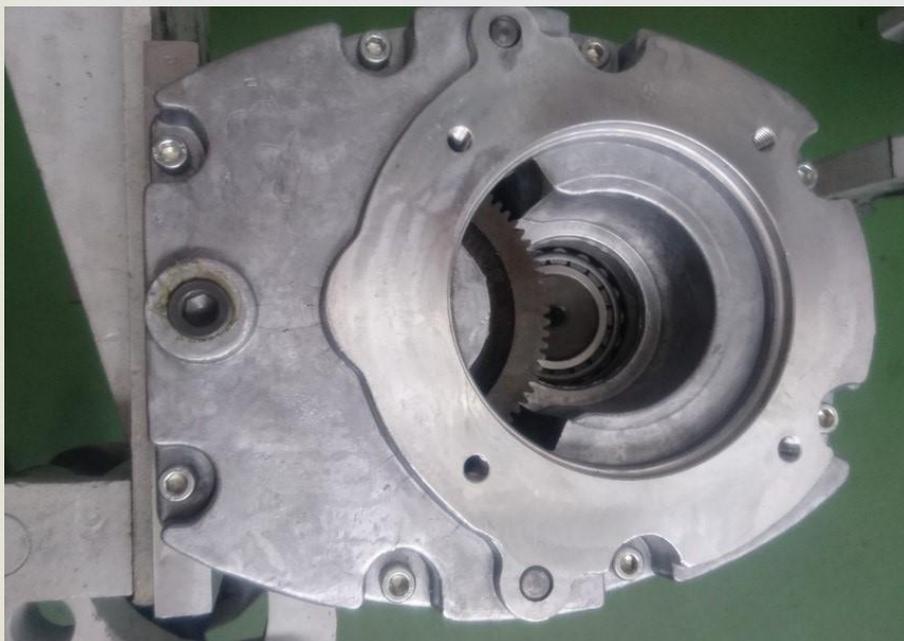


*Рис.5. Выходной вал с запрессованными подшипниками*



*Рис.5. Пресс для подшипников*

*Рис.6. Собранные валы,  
вставленные в корпус  
редуктора 4МЦ2С-80,  
закреплённый в каретке  
сборочного конвейера*



*Рис.7. Щит редуктора,  
соединённый с корпусом*



*Рис.8-9. Крышки для фиксации промежуточного и выходного валов*

*Рис.10.  
Подгоночные прокладки для устранения зазора между крышкой и подшипником*



*Рис.11. Готовый редуктор со вкрученными шпильками для присоединения мотора*



*Рис.12. Готовые мотор-редукторы*

# Предварительный расчёт размерной цепи выходного вала редуктора 4МЦ2С-80

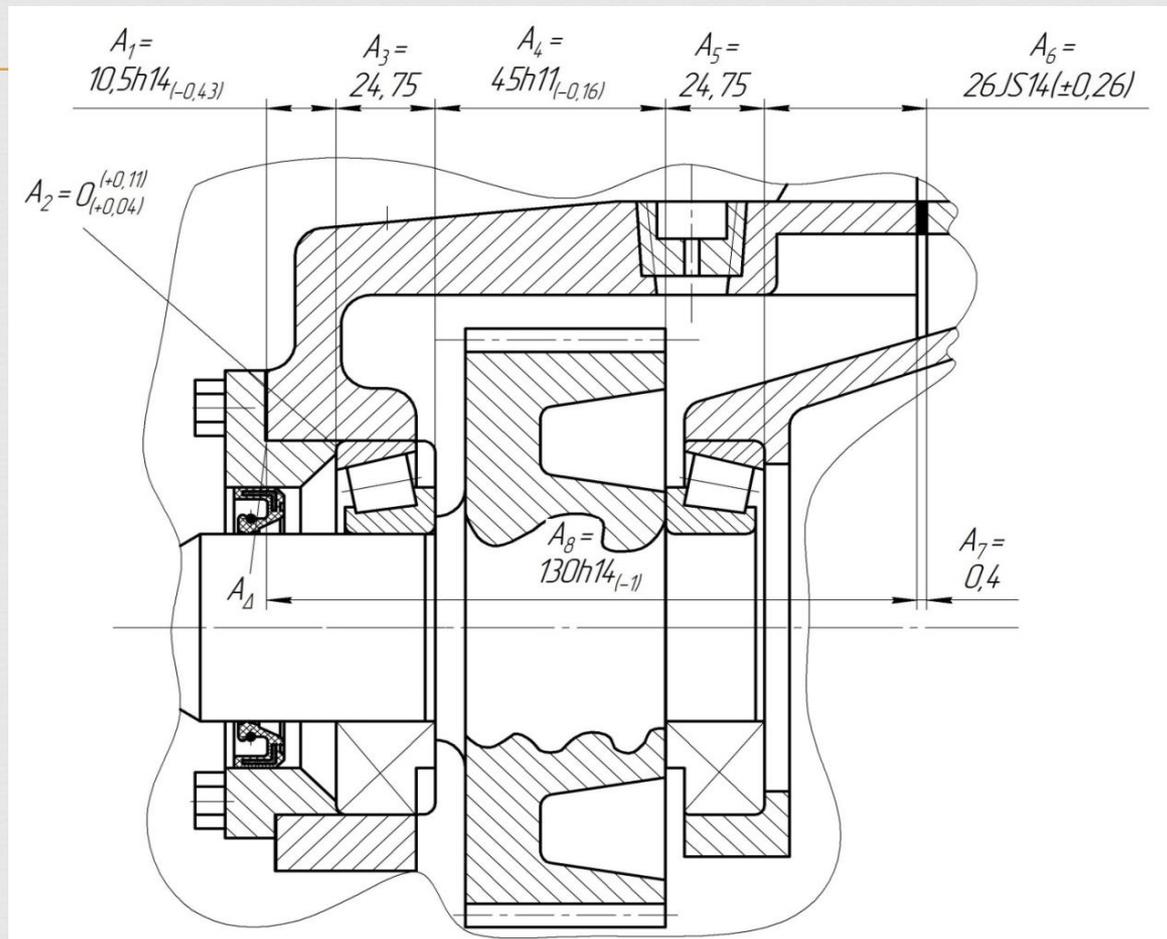


Рис. 13. Выходной вал редуктора 4МЦ2С-80 с проставленными размерами

# Предварительный расчёт размерной цепи выходного вала редуктора 4МЦ2С-80

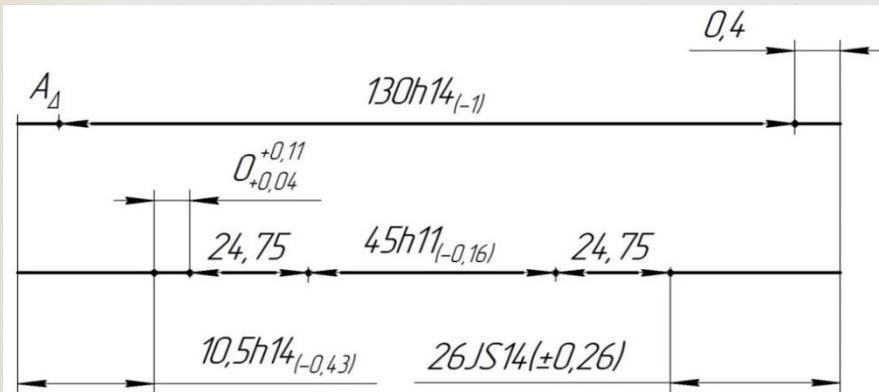


Схема 1. Размерная цепь выходного вала мотор-редуктора 4МЦ2С-80

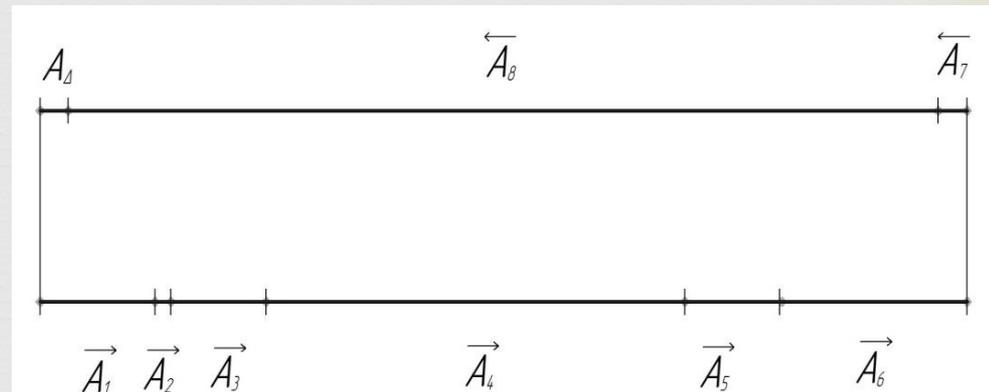


Схема 2. Определение увеличивающих и уменьшающих звеньев размерной цепи выходного вала редуктора 4МЦ2С-80.

# Предварительный расчёт размерной цепи выходного вала редуктора 4МЦ2С-80



Таблица 1. Данные звеньев размерной цепи выходного вала редуктора 4МЦ2С-80

№ звеньев	Номинальный размер	Квалитет точности	Допуски, мкм	Отклонения, мкм	
				Es	Ei
$\vec{A}_1$	10,5	h14	430	0	-430
$\vec{A}_2$	0	-	70	+110	+40
$\vec{A}_3$	24,75	ГОСТ	500	+250	-250
$\vec{A}_4$	45	h11	160	0	-160
$\vec{A}_5$	24,75	ГОСТ	500	+250	-250
$\vec{A}_6$	26	$\pm IT14/2$	520	+260	-260
$\vec{A}_7$	0,4	ГОСТ	600	0	-600
$\vec{A}_8$	130	h14	1000	0	-1000

Получаем следующий размер замыкающего звена с отклонениями:  $A_{\Delta} = 0,6_{-1,310}^{+2,470}$ .

# Проектирование размерной цепи выходного вала редуктора 4МЦ2С-80 методом максимума-минимума



Таблица 2. Новые данные звеньев размерной цепи выходного вала редуктора 4МЦ2С-80

№ звеньев	Номинальный размер	Число единиц допуска, $i$	Квалитет точности	Допуски, мкм	Отклонения, мкм	
					$E_s$	$E_i$
$\vec{A}_1$	10,5	1,08	h11/h12	110/190/18 0	0	-110/180
$\vec{A}_2$	0	0,55	-	70	+110	+40
$\vec{A}_3$	24,75	-	ГОСТ	500	+250	-250
$\vec{A}_4$	45	1,56	h11	160	0	-160
$\vec{A}_5$	24,75	-	ГОСТ	500	+250	-250
$\vec{A}_6$	26	1,31	H11	130	+130	0
$\vec{A}_7$	0,4	-	ГОСТ	600	0	-600
$\vec{A}_8$	130	2,52	h11	250	0	-250

# Расчёт размерной цепи выходного вала редуктора 4МЦ2С-80

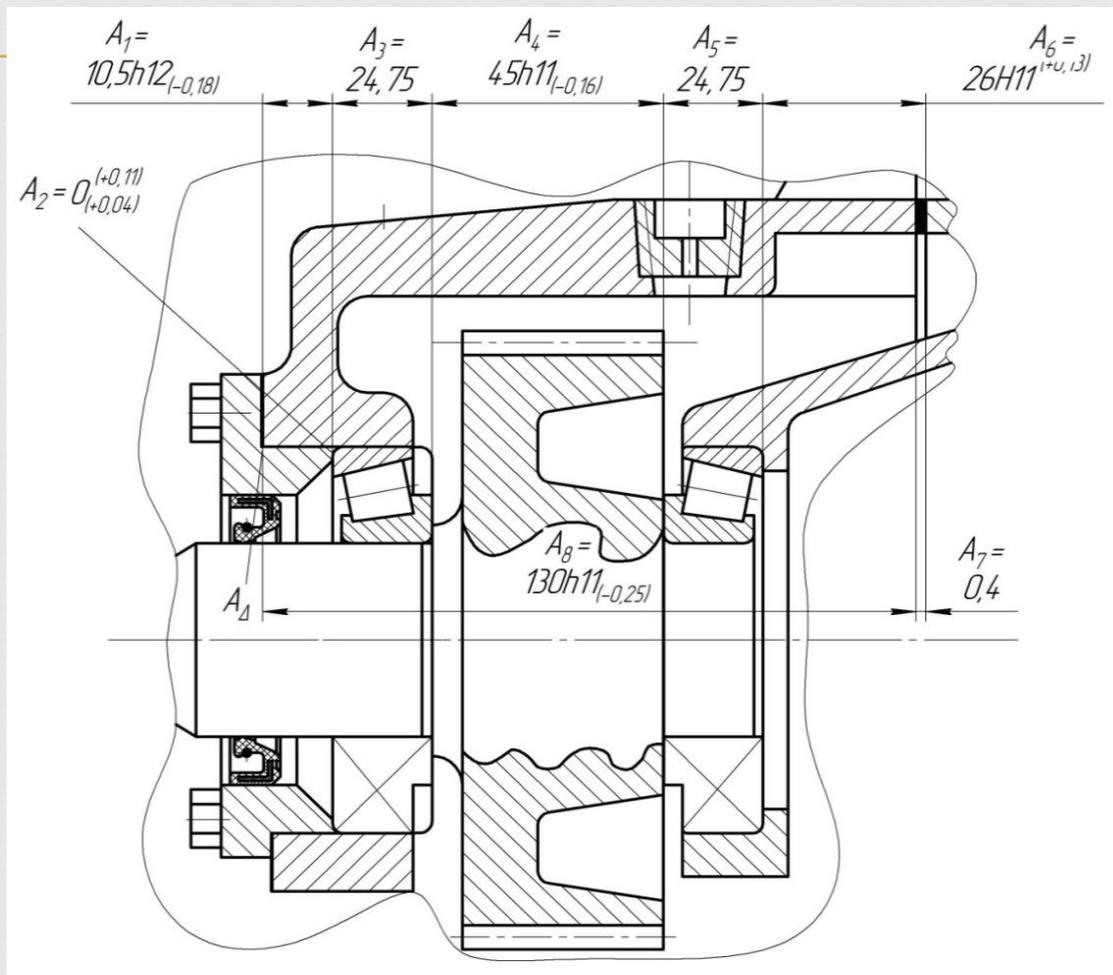


Рис. 14. Выходной вал редуктора 4МЦ2С-80 с проставленными размерами

# Расчёт размерной цепи выходного вала редуктора 4МЦ2С-80

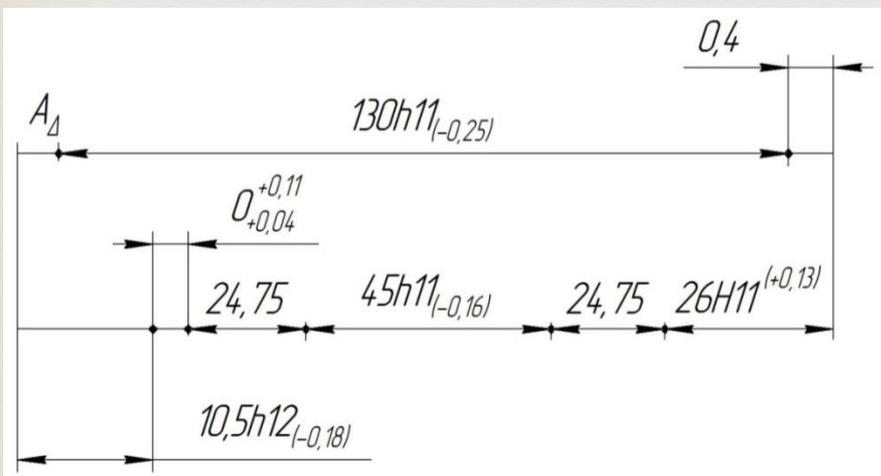


Схема 3. Размерная цепь выходного вала редуктора 4МЦ2С-80.

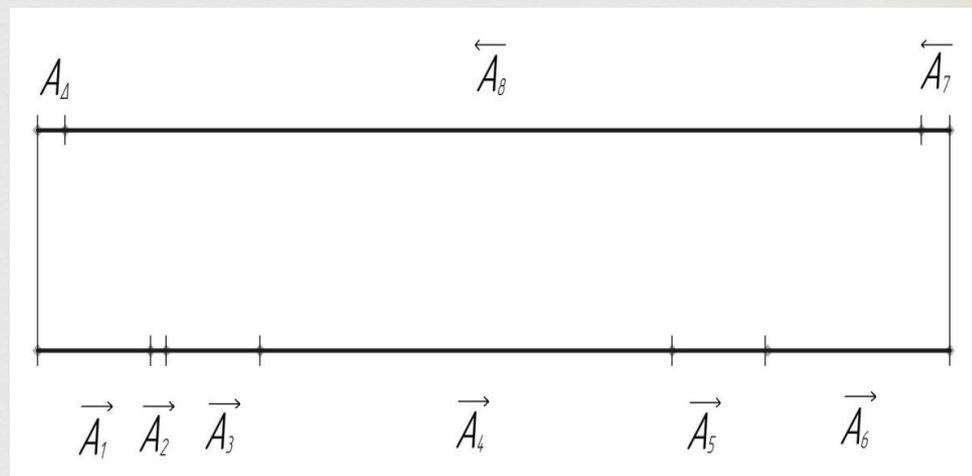


Схема 4. Определение увеличивающих и уменьшающих звеньев размерной цепи выходного вала редуктора 4МЦ2С-80.

# Расчёт размерной цепи выходного вала редуктора 4МЦ2С-80



Таблица 3. Итоговые данные звеньев размерной цепи выходного вала редуктора 4МЦ2С-80

№ звеньев	Номинальный размер	Квалитет точности	Допуски, мкм	Отклонения, мкм	
				Es	Ei
$\vec{A}_1$	10,5	h12	180	0	-180
$\vec{A}_2$	0	-	70	+110	+40
$\vec{A}_3$	24,75	ГОСТ	500	+250	-250
$\vec{A}_4$	45	h11	160	0	-160
$\vec{A}_5$	24,75	ГОСТ	500	+250	-250
$\vec{A}_6$	26	H11	130	+130	0
$\vec{A}_7$	0,4	ГОСТ	600	0	-600
$\vec{A}_8$	130	h11	250	0	-250

Получаем следующий размер замыкающего звена с отклонениями:  $A_{\Delta} = 0,6_{-0,8}^{1,59}$ .

# Расчёт размерной цепи выходного вала редуктора 4МЦ2С-80 вероятностным МЕТОДОМ

Таблица 4. Сводная таблица расчётов

Наименование звеньев цепи		Номи- нал. размер, мм	i, мкм	Отклонения, мм			Допуск мм	Поле допус- ка	$\alpha_i$	$\lambda_{\Delta}$
				$E_s$	$E_i$	$E_c$				
Увел.	Умен.									
$A_{\Delta}$		0,6	0,55	+1,59	+0,8	+1,195	0,79		0	1/3
$A_1$		10,5	1,08	0/ +1,295	-0,18/ +0,9	-0,09/ +1,0975	0,18/ 0,395	h12/ h14	0,3	0,4
$A_2$		0	0,55	0	-0,10	-0,05	0,10	h12	-0,2	0,4
$A_4$		45	1,56	0	-0,25	-0,125	0,25	h12	0,3	0,4
$A_6$		26	1,31	+0,21	0	+0,105	0,21	H12	0	0,4
	$A_8$	130	2,52	0	-0,40	-0,20	0,40	h12	0,3	0,4

# Расчёт размерной цепи «подшипник-колесо-подшипник» выходного вала редуктора 4МЦ2С-80

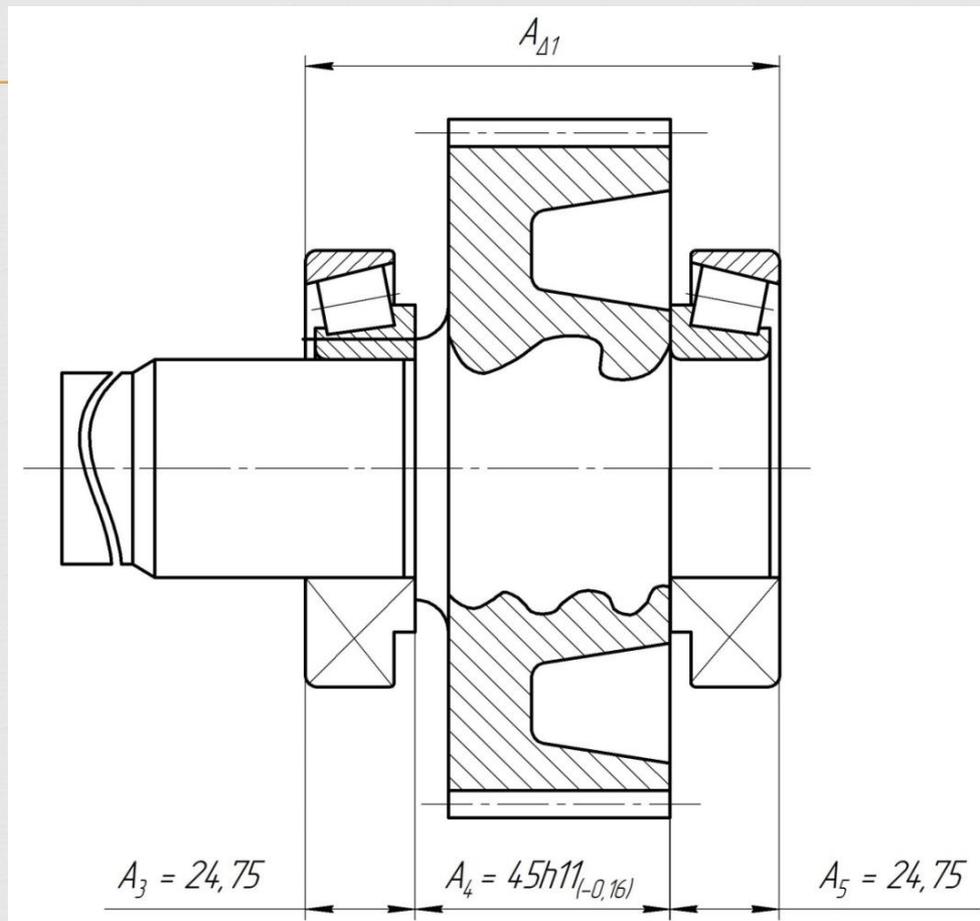


Рис. 15. Вал-колесо редуктора 4МЦ2С-80 с напрессованными подшипниками и проставленными размерами

# Расчёт размерной цепи «подшипник-колесо-подшипник» выходного вала редуктора 4МЦ2С-80

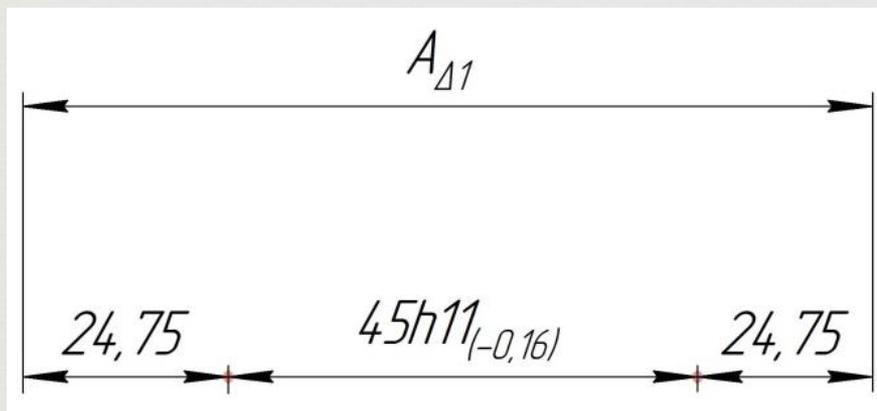


Схема 5. Размерная цепь «подшипник-колесо-подшипник» выходного вала редуктора 4МЦ2С-80.

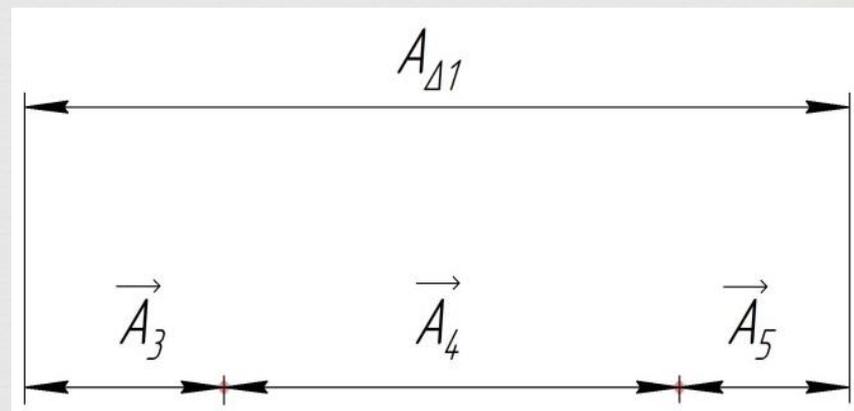


Схема 6. Определение увеличивающих и уменьшающих звеньев размерной цепи подшипник-колесо-подшипник выходного вала редуктора 4МЦ2С-80.

# Расчёт размерной цепи «подшипник-колесо-подшипник» выходного вала редуктора 4МЦ2С-80



Таблица 5. Данные звеньев размерной цепи «подшипник-колесо-подшипник» выходного вала редуктора 4МЦ2С-80

№ звеньев	Номинальный размер	Квалитет точности	Допуски, мкм	Отклонения, мкм	
				Es	Ei
$\vec{A}_3$	24,75	ГОСТ	500	+250	-250
$\vec{A}_4$	45	h11	160	0	-160
$\vec{A}_5$	24,75	ГОСТ	500	+250	-250

Размер замыкающего звена  $A_{\Delta 1} = 94,5^{+0,5}_{-0,66}$ .

Допуск на размер равен 1,16 мм.

# Сравнение реальных размеров валов с теоретическими



Таблица 6. Реальные размеры, полученные в ходе исследования выходного вала

Попали в допуск	Не попали в допуск
94,30	95,05
94,35	95,15
94,40	
94,45	
94,55	
94,55	
94,65	
94,70	
94,70	
94,75	
94,85	
94,90	
94,90	

# Сравнение реальных размеров валов с теоретическими

---

Таблица 7. Реальные размеры, полученные в ходе исследования промежуточного вала

Попали в допуск	Не попали в допуск
147,15	148,05
147,20	148,10
147,25	148,25
147,45	148,40
147,70	148,50
147,80	148,55
147,80	149,70
147,95	

# Расчёты усилий запрессовки



Усилие запрессовки подшипника  $P_{\text{запр}}$  :

Для подшипника 6-7508  $P_{\text{запр}} = 4 * 8,28 * 28 * 10 = 9273,6\text{Н}$ .

Для подшипника 6-7304  $P_{\text{запр}} = 4 * 7,347 * 23 * 10 = 6759,24\text{Н}$ .

Максимальный натяг подшипников, обеспечиваемый на прессе гидравлическом запрессовочном одностоечном П6326:

Для подшипника 6-7508:  $N_{\text{max}} = \frac{400000}{4 * 8,28 * 10} = 1207 \text{ мкм}$

Для подшипника 6-7304:  $N_{\text{max}} = \frac{400000}{4 * 7,347 * 10} = 1361,1 \text{ мкм}$

Максимальное усилие пресса больше необходимого для подшипника 6-7508 в 145,8 раза, а также больше необходимого для подшипника 6-7304 в 185,3 раза.

# ВЫВОДЫ



- Поскольку было выяснено, что величина зазора между крышкой и корпусом редуктора напрямую зависит от размера, обеспечиваемого напрессовкой подшипников, то очевидно, что чем меньше этот размер, тем меньше будет зазор и, следовательно, толщина компенсатора. Количество прокладок разной толщины, используемых для набора компенсатора, тоже должно сокращаться.
- Искомый зазор был уменьшен в ходе работы на стадии проектирования размерных цепей валов и их анализа. Но недопрессовка подшипников, особенно на промежуточном валу, почти в 50% случаев приводит к тому, что размер, обеспечиваемый напрессовкой подшипников, выходит за пределы установленного допуска, что вновь увеличит размер толщины компенсатора.
- Недопрессовка подшипников, вероятно, возникает из-за человеческого фактора, поскольку для этих целей на ОАО «ПЗМП» используется оборудование, в десятки раз превышающее требуемое усилие, и слесари механо-сборочных работ намеренно недопрессовывают подшипники, чтобы избежать возможных поломок.

# Решение проблемы

- В технологический процесс сборки мотор-редуктора 4МЦ2С-80 предлагается добавить две операции замера размеров, обеспечиваемых напрессовкой подшипников 6-7508 и 6-7304 на выходном и промежуточном валах соответственно.
- Замеры, производимые ещё на этапе сборки валов редуктора, позволят узнать заранее, входят ли размеры, обеспечиваемые напрессовкой подшипников, в установленный допуск, что даст слесарям механо-сборочных работ приблизительную информацию о размере набираемого прокладками компенсатора ещё до этапа подгонки редуктора; набор компенсатора будет проводиться уже не «вслепую», а с примерным пониманием конечной толщины, что, несомненно, позволит сэкономить время, затрачиваемое на сборку мотор-редуктора, а это, в свою очередь, во-первых, сэкономит затраты предприятия, например, на электричество и заработную плату работникам (если работник получает оклад), а во-вторых, на перспективу, увеличит доход посредством увеличения изготовленных единиц продукции за единицу времени.

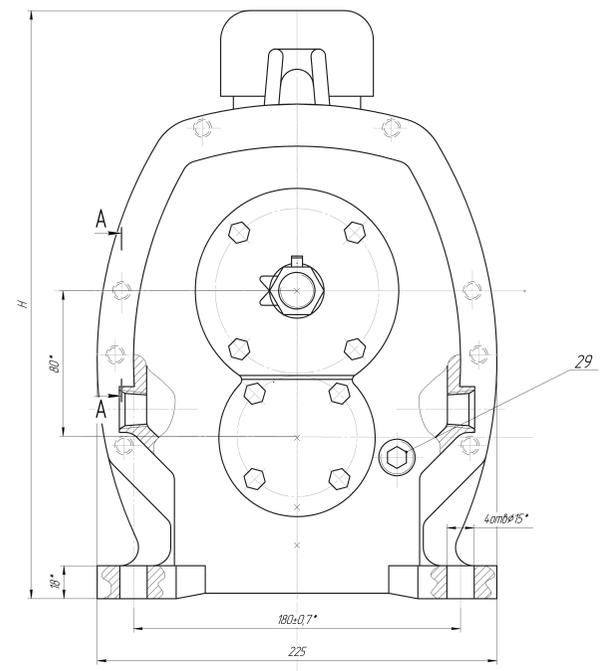
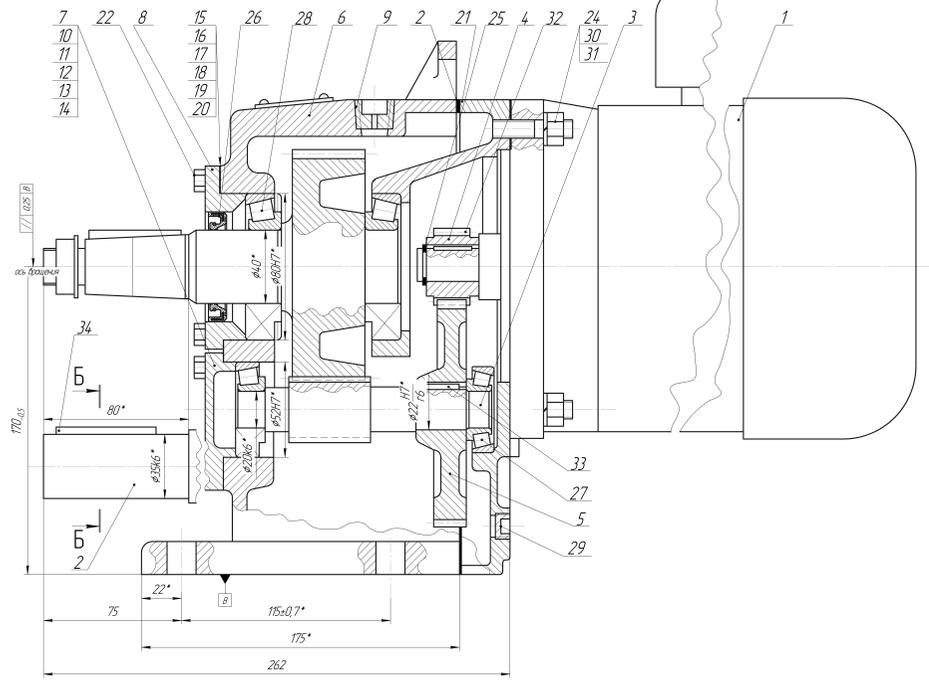
# Применение



Усовершенствованный технологический процесс сборки мотор-редуктора 4МЦ2С-80 был проверен на практике на механо-сборочном участке Псковского завода механических приводов. Установлено, что замеры размеров, обеспечиваемых напрессовкой подшипников, экономят в среднем 7 минут на набор двух компенсаторов (подгонку редуктора). Это значит, что при норме времени сборки в 60 минут, на сборку одного редуктора тратилось в среднем 53 минуты, что на 11,7% быстрее.

Усовершенствованный техпроцесс сборки мотор-редуктора 4МЦ2С-80 позволяет изготавливать на 260 мотор-редукторов, или на 13,2%, в год больше, чем по старому технологическому процессу.

MD 19.17003146.0100 CB



- 1. Изготовлены и маркировку нитер-редуктора производить по ТУ 2056.022.956.01-91
- 2. \* Размер для справки
- 3. Н.к.  $\pm 0.05$
- 4. Срединный осевой зазор подшипников должен быть в пределах на протяжении всего - 20-80 мкм на протяжении всего 40-100 мкм. Регулировку производить нажатием пружины.
- 5. После сборки выкрутить клапан нитер-редуктора запечатать корпус. После индукционной Н.А.А. РКТ. 20799-86 до укладки контрольного изделия в соответствии с монтажной инструкцией.

				<b>MD 19.17003146.0100 CB</b>			
Изм.	Исполн.	Лист	Масштаб	Имя	Дата	Место	Изготовлен
1	С.И.А.	1	1:1	И.И.И.	10.11	11	
Исполн.	И.И.И.						
Исполн.	И.И.И.						
Исполн.	И.И.И.						

Исполн. И.И.И.  
Зав. 00332-0771  
Контракт - АИИ



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Инд. № подл.	Лит.	Лист	Листов
				<u>Документация</u>																	
A4x4			МД.19.17003146.01.00 СБ	Сборочный чертёж																	
				<u>Сборочные единицы</u>																	
		1		Электродвигатель	1																
				<u>Детали</u>																	
		2		Вал-колесо	1																
		3		Вал-шестерня	1																
		4		Колесо зубчатое (малое)	1																
		5		Колесо зубчатое (тонкое)	1																
		6		Корпус	1																
		7		Крышка малая	1																
		8		Крышка большая	1																
		9		Отдушина	1																
		10		Прокладка	1	подбор															
		11		Прокладка	1	подбор															
		12		Прокладка	1	подбор															
		13		Прокладка	1	подбор															
		14		Прокладка	1	подбор															
		15		Прокладка	1	подбор															
		16		Прокладка	1	подбор															
		17		Прокладка	1	подбор															
		18		Прокладка	1	подбор															
		19		Прокладка	1	подбор															
<b>МД.19.17003146.01.00</b>																					
<b>Мотор-редуктор цилиндрический двухступенчатый соосный типоразмера 4МЦ2С-80</b>																					
Копировал <span style="float: right;">Формат А4</span>																					

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		20		Прокладка	1	подбор
		21		Щит	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		22		Болт М8-6дх20.58 ГОСТ 8752-79	8	
		23		Винт М8-6дх30.56 ГОСТ 11738-84	8	
		24		Гайка М10-6Н.6.05 ГОСТ 5927-70	4	
		25		Кольцо А18 ГОСТ 13942-86	1	
		26		Манжета 1.2-40х60-1 ГОСТ 8752-79	1	
		27		Подшипник 6-7304А ГОСТ27365-87	2	
		28		Подшипник 6-7508А ГОСТ27365-87	2	
		29		Пробка К1/2" .05 ОСТ2Г96-1-85	5	
		30		Шайба 10.65Г.05 ГОСТ 6402-70	4	
		31		Шпилька М10-6дх30.66.05 ГОСТ 22036-76	4	
		32		Шпонка 2-5х5х16 ГОСТ 23360-78	1	
		33		Шпонка 2-6х6х20 ГОСТ 23360-78	1	
		34		Шпонка 2-10х8х65 ГОСТ 23360-78	1	
		35		Штифт 12х40 ГОСТ 3128-70	2	
				<u>Материалы</u>		
				Герметик силиконовый ГОСТ Р 57400-2017		
				Масло индустриальное И 40-А ГОСТ 20799-88		
				Смазка ЛИТОЛ-24 ГОСТ 21150-87		

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

МД.19.17003146.01.00

Лист  
2









Дубл.																				
Взам.																				
Подп.																		8	5	
<b>А</b>	Цех	Уч.	Р.М.	Опер	Код, наименование операции					Обозначение документа										
<b>Б</b>	Код, наименование оборудования					С.М.	Проф.	Р.	У.Т.	К.Р.	Конд.	Е.Н.	О.П.	Кшт.	Т.Пз.	Тшт.				
<b>К</b>	Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение, код					А.П.	Е.В.	Е.Н.	К.И.	Н.РАСХ.					
А	01	055 Сборочная																		
Б	02	Стол (верстак)																		
О	03	Скомплектовать: крышка малая (поз. 7), прокладка (поз. 10-14)																		
О	04	Подбить обойму подшипника 27																		
О	05	Подбить обойму подшипника 28																		
О	06	Набрать компенсатор прокладками 10-14																		
О	07	Установить компенсатор в крышку малую 7																		
О	08	Смазать компенсатор герметиком																		
Т	09	Кувалда 2 кг медная с деревянной ручкой «НОР»; пистолет для герметика скелетный увеличенной толщины «CG-02 Mollen»																		
	10																			
А	11	060 Сборочная																		
Б	12	Коретка сборочного конвейера																		
О	13	Завинтить болт 22 (4 шт.) в крышку малую в сборе																		
Т	14	Ударный пневмогайковерт «FUBAG IWC 1400 1/2" 100205»																		
	15																			
А	16	065 Сборочная																		
Б	17	Стол (верстак)																		
О	18	Скомплектовать: крышка большая (поз. 8), манжета (поз. 26), прокладка (поз. 15-20)																		
О	19	Смазать крышку большую 8 ЛИТОЛ-24																		
О	20	Установить манжету 26 в крышку большую 8																		
М.К.																				







