

Практическое занятие 8. Размерные цепи

Цель: отработка навыков выявления составляющих звеньев с составлением схемы размерной цепи и освоение методов расчета.

Задачи: познакомиться с основными понятиями теории размерных цепей, по заданному исходному (замыкающему) звену сборочной размерной цепи выявить составляющие звенья и составить схему размерной цепи; используя метод расчета на «max-min» и теоретико-вероятностный метод, назначить допуски и предельные отклонения на составляющие звенья.

Основные положения.

Размерная цепь – совокупность размеров, непосредственно участвующих в решении поставленной задачи и образующих замкнутый контур [46]. Размерная цепь обозначается прописными буквами русского алфавита (А, Б, В, ...) или строчной буквой греческого алфавита (β , μ , ...), кроме букв α , δ , ξ , λ , ω .

Звено размерной цепи – один из размеров, образующих размерную цепь [46]. Звено обозначается прописной буквой русского алфавита или буквой греческого алфавита (β , μ , ...), кроме букв α , δ , ξ , λ , ω с индексом. На схеме звено для линейных размеров условно обозначается – двухсторонней стрелкой (рисунок 8.1).



Рисунок 8.1 – Условное обозначение звена

Замыкающее звено – звено размерной цепи, являющееся исходным при постановке задачи или получающееся последним в результате ее решения [46]. Обозначается прописными буквами русского алфавита (А, Б, В, ...) или строчной буквой греческого алфавита (β , μ , ...), кроме букв α , δ , ξ , λ , ω с индексом 0 или Δ .

Составляющее звено – звено размерной цепи, функционально связанное с замыкающим звеном [46]. Обозначается прописными буквами русского алфавита (А, Б, В, ...) или строчной буквой греческого алфавита (β , μ , ...), кроме букв α , δ , ξ , λ , ω с индексом, соответствующим порядковому номеру составляющего звена.

Увеличивающее звено – составляющее звено размерной цепи, с увеличением которого замыкающее звено увеличивается, при неизменных остальных звеньях [46]. Обозначается как составляющее звено с указанием над обозначением стрелки вправо, например, $\vec{A}_1$, $\vec{B}_2$, $\vec{\beta}_4$.

Уменьшающее звено – составляющее звено размерной цепи, с увеличением которого замыкающее звено уменьшается, при неизменных остальных звеньях [46]. Обозначается как составляющее звено с указанием над обозначением стрелки влево, например, $\bar{A}_1$, $\bar{B}_2$, $\bar{\beta}_4$.

В зависимости от решаемых задач размерные цепи разделяют на конструкторские, технологические и измерительные размерные цепи.

Конструкторская размерная цепь – размерная цепь, определяющая расстояние или относительный поворот между поверхностями или осями поверхностей деталей в изделии [46]. Примеры конструкторских цепей приведены на рисунок 8.2.

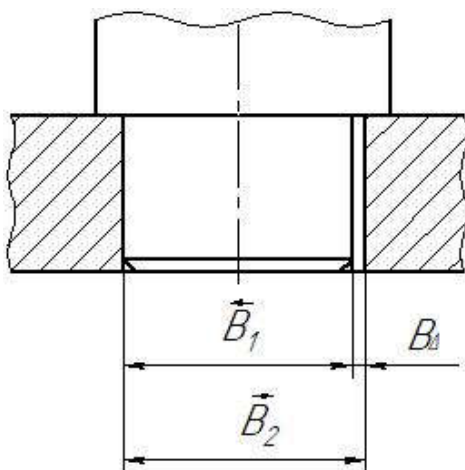


Рисунок 8.2 – Пример конструкторской размерной цепи

Технологическая размерная цепь – размерная цепь, обеспечивающая требуемое расстояние или относительный поворот между поверхностями изготавливаемого изделия при выполнении операции или ряда операций сборки, обработки, при настройке станка, при расчете межпереходных размеров [46]. Пример технологической размерной цепи представлен на рисунке 8.3.

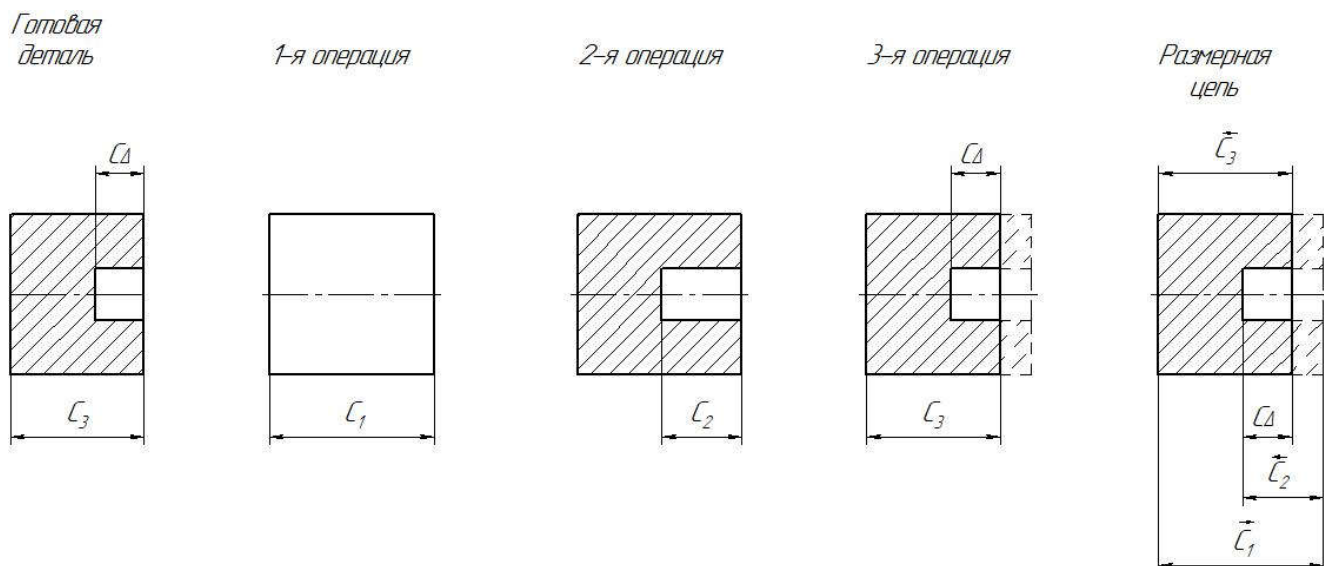


Рисунок 8.3 – Пример технологической размерной цепи

Измерительная размерная цепь – размерная цепь, возникающая при определении расстояния или относительного поворота между поверхностями, их осями или образующими поверхности изготавливаемого или изготовленного изделия [46]. С помощью измерительных размерных цепей решают задачу обеспечения точности при измерениях.

Методы решения размерных цепей.

Метод полной взаимозаменяемости – метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается во всех случаях ее реализации путем включения составляющих звеньев без выбора, подбора или изменения их значений [46].

При достижении точности замыкающего звена методом полной взаимозаменяемости детали при сборке соединяются без пригонки. При любом сочетании размеров деталей, изготовленных в пределах расчетных допусков, значения замыкающего звена не выходят за установленные пределы. Расчет размерной цепи производится методом максимума-минимума.

Этот метод расчета обычно используется в индивидуальном и мелкосерийном производствах; при малой величине допуска на исходное звено и небольшом числе составляющих звеньев; при большом допуске на исходное звено.

Достоинства метода: простота и экономичность сборки; упрощенная организация сборочных процессов; возможность широкой кооперации заводов;

упрощение системы обеспечения запасными частями и т.п.

Недостатки метода: более высокая стоимость изготовления изделия, так как допуски составляющих звеньев получаются меньше, чем при других методах.

Метод неполной взаимозаменяемости – метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается с некоторым риском путем включения в нее составляющих звеньев без выбора, подбора или изменения их значений [46].

Детали при сборке соединяются, как правило, без пригонки, регулировки, подбора, но при этом у небольшого количества изделий значение замыкающего звена выходит за установленные пределы. Расчет размерных цепей производится вероятностным методом.

Метод используется в серийном и массовом производствах; при малой величине исходного звена и относительно большом числе составляющих звеньев [45].

Преимущества метода те же, что и у метода полной взаимозаменяемости. Стоимость изготовления существенно ниже за счет расширения интервалов допусков составляющих звеньев (по сравнению с полной взаимозаменяемостью).

Недостатком метода является необходимость использовать высококвалифицированных рабочих для подгонки некоторых деталей тех изделий, у которых замыкающее звено выходит за установленные пределы.

Метод групповой взаимозаменяемости – метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается путем включения в размерную цепь составляющих звеньев, принадлежащих к соответственным группам, на которые они предварительно рассортированы [46].

Детали, заранее рассортированные на группы, при сборке соединяются без пригонки. При этом обеспечивается требуемое значение замыкающего звена.

Метод применяется в массовом и крупносерийном производстве для мало-звенных размерных цепей [45].

Достоинством метода является возможность достижения высокой точности замыкающего звена при экономически целесообразных интервалах допусков составляющих звеньев.

Недостатками метода являются: наличие незавершенного производства; дополнительные затраты на предварительную сортировку деталей на группы; усложнение процесса организации сборки; усложнение обеспечения запасными частями.

Расчет размерной цепи обычно ведется методом максимума-минимума.

Метод пригонки – метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается изменением значения компенсирующего звена путем удаления с компенсатора определенного слоя материала [46].

Величина слоя, подлежащего съему, определяется после предварительной сборки и измерений. Расчет размерной цепи ведется методом максимума-минимума или вероятностным методом.

Этот метод находит применение в индивидуальном производстве [45].

К *преимуществу* метода можно отнести то, что на все составляющие звенья можно назначить экономически целесообразные допуски.

Недостатками метода являются: значительное увеличение стоимости сборки и снижение производительности труда на сборке; усложнение обеспечения запасными частями.

Метод регулирования – метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается изменением значения компенсирующего звена без удаления материала с компенсатора [46].

Он находит широкое применение во всех типах производства, когда требуется высокая точность замыкающего звена [45].

К преимуществам метода можно отнести: возможность регулирования размера замыкающего звена с целью обеспечения требуемой точности; возможность компенсации износа в процессе эксплуатации; возможность назначения на составляющие звенья экономически целесообразные допуски.

К недостаткам метода можно отнести: усложнение конструкции сборочной единицы; усложнение сборки.

Размерные цепи позволяют решать две задачи:

- *прямая задача* – задача, при которой заданы параметры замыкающего зве-

на (номинальное значение, допустимые отклонения и т.д.) и требуется определить параметры составляющих звеньев (координаты середин интервалов допусков $\Delta_0 A_i$, предельные отклонения (EsA_i, EiA_i));

- *обратная задача (проверочная)* – задача, в которой известны параметры составляющих звеньев (допуски, поля рассеяния, координаты их середин и т.д.) и требуется определить параметры замыкающего звена.

Принципы построения размерных цепей.

Составление расчетных схем начинается с анализа чертежа сборочной единицы и выявления исходного (замыкающего) звена. В сборочной размерной цепи замыкающий размер получается в результате сборки, т. е. последним при окончании сборки, и изменение его величины зависит от колебаний составляющих размеров, входящих в размерную цепь. В большинстве случаев, замыкающими размерами сборочных размерных цепей являются зазоры или размеры, определяющие ориентацию (перпендикулярность, параллельность, наклон), а также местоположение (позиционирование, соосность, симметричность) и биение, т. е. параметры, обеспечивающие собираемость изделия, и функциональные параметры, обеспечивающие надежную работу данного изделия при его эксплуатации.

При изготовлении детали замыкающим звеном размерной цепи является размер, точность которого должна быть обеспечена технологическим процессом.

При измерении замыкающим звеном является измеренный размер.

В замыкающем звене заключен смысл решаемой задачи, а значит, каждая размерная цепь предназначена для решения одной задачи и может иметь одно замыкающее звено.

Допуск замыкающего звена устанавливается:

– в конструкторских размерных цепях, исходя из служебного назначения изделия или его механизма;

– в технологических размерных цепях в соответствии с допуском на расстоянии или относительный поворот поверхностей детали (их осей) или деталей изделия, которые необходимо получить в результате осуществления технологического процесса изготовления детали или сборки изделия;

– в измерительных размерных цепях, исходя из требуемой точности измерения.

В практической работе исходное звено не определяется, оно задано преподавателем, исходя из номера варианта студента.

На следующем этапе по заданному сборочному чертежу с известным замыкающим звеном определяют детали и размер этих деталей, влияющий на замыкающее звено, т. е. выявляют составляющие звенья размерной цепи. При этом следует руководствоваться правилами и условиями выявления звеньев сборочной размерной цепи:

- составляющее звено (размер) должно соединять поверхности, оси, точки двух разных деталей и являться одновременно размером одной детали;
- каждая деталь должна входить в размерную цепь только одним размером;
- размерная цепь должна иметь минимально возможное количество составляющих звеньев;
- в размерной цепи замыкающее звено может быть только одно;
- должно соблюдаться условие замкнутости размерной цепи, которое вытекает из ее определения.

Построение размерной цепи необходимо начинать от левой или правой стороны исходного звена. Затем последовательно обходя по ходу или против часовой стрелки, находят сопряженный, т. е. примыкающий с одной стороны к замыкающему звену размер детали, непосредственно влияющий на точность исходного звена. Потом находят размер другой детали, сопряженный с размером первой детали и влияющий на точность исходного звена, и заканчивают на противоположной (правой или левой) стороне исходного звена.

После выявления составляющих звеньев составляют расчетную схему размерной цепи, которая может быть нанесена непосредственно на сборочном чертеже либо вынесена отдельно без соблюдения масштаба (рисунок 8.4).

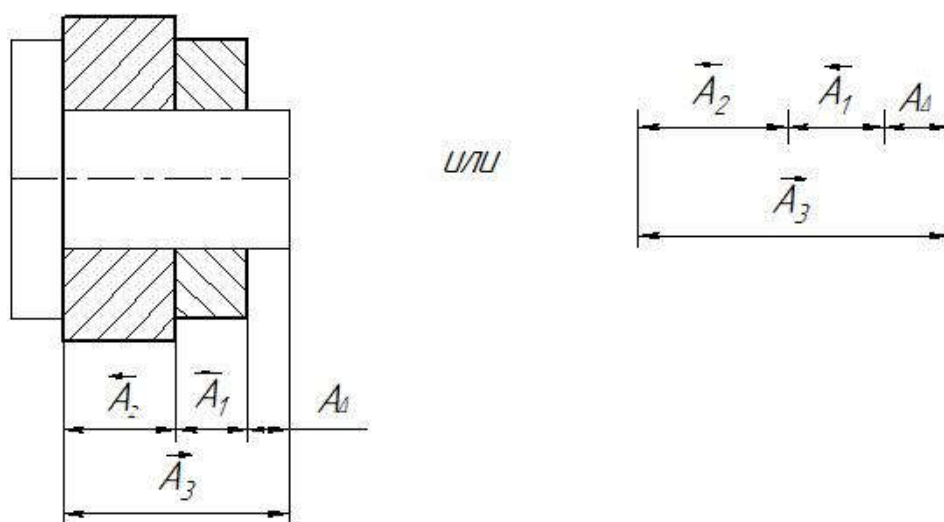


Рисунок 8.4 – Изображение размерной цепи

На следующем этапе определяют увеличивающие и уменьшающие звенья.

Расчет размерной цепи

Размерная цепь замкнута. Это свойство позволяет установить зависимость, связывающую номинальные размеры звеньев цепи. В работе рассматриваются только плоские размерные цепи, и эта зависимость для них имеет вид:

$$A_{\Delta} = \sum_{j=1}^n \vec{A}_i - \sum_{j=1}^p \vec{A}_j, \quad (8.1)$$

где n и p – число увеличивающих и уменьшающих звеньев размерной цепи соответственно.

Соотношение, которое связывает допуски размерной цепи, имеет вид:
для метода максимума-минимума

$$T_{\Delta} = \sum_{j=1}^{m-1} T_j, \quad (8.2)$$

для вероятностного метода

$$T_{\Delta} = t_{\Delta} \sqrt{\sum_{j=1}^{m-1} \lambda_j^2 T_j^2}, \quad (8.3)$$

где m – число звеньев цепи, t_{Δ} – коэффициент риска (выбирается из таблиц значений функции Лапласа $\Phi(t)$ в зависимости от принятого процента риска P), λ – коэффициент, характеризующий закон рассеивания составляющих звеньев.

При нормальном законе распределения отклонений (законе Гаусса) $\lambda_j^2 = \frac{1}{9}$.

При распределении отклонений по закону треугольника (закону Симпсона)

$$\lambda_j^2 = \frac{1}{6}.$$

При распределении отклонений по закону равной вероятности $\lambda_j^2 = \frac{1}{3}$.

Ряд значений коэффициента t_Δ приведен в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Зависимость коэффициента t_Δ от процента риска Р

Риск Р, %	32	23	16	9	4,6	2,1	0,94	0,51	0,27	0,1	0,05	0,01
Коэффициент t_Δ	1	1,2	1,4	1,7	2	2,3	2,6	2,8	3	3,29	3,48	3,89

Чтобы обеспечить наибольшую точность замыкающего звена, размерная цепь должна состоять из возможно меньшего числа звеньев, т.е. необходимо соблюдать **принцип наикратчайшей размерной цепи**.

Верхнее отклонение замыкающего звена

$$Es(A_\Delta) = \sum_{j=1}^n Es(\vec{A}_j) - \sum_{j=1}^p Ei(\vec{A}_j). \quad (8.4)$$

Нижнее отклонение замыкающего звена

$$Ei(A_\Delta) = \sum_{j=1}^n Ei(\vec{A}_j) - \sum_{j=1}^p Es(\vec{A}_j). \quad (8.5)$$

Координата середины интервала допуска замыкающего звена

$$Ec(A_\Delta) = \sum_{j=1}^n Ec(\vec{A}_j) - \sum_{j=1}^p Ec(\vec{A}_j). \quad (8.6)$$

Среднее значение допуска составляющих звеньев вычисляют по формулам представленным ниже.

Для способа максимум-минимум:

- метод равных допусков

$$T_{cp} = \frac{T_\Delta}{m-1} \quad (8.7)$$

(применяется, когда номинальные размеры попадают в один интервал размеров, при большой разнице в номинальных размерах метод является некорректным, так как к большим звеньям предъявляются более жесткие требования по точности);

- метод одного квалитета $T_j = k_j \cdot i_j$ (допуски на составляющие звенья выбирают из одного или двух ближайших квалитетов), где k_j - число единиц допуска (величина постоянная для одного квалитета), i_j - единица допуска, характеризующая ту часть допуска, которая меняется с изменением размера. Для того чтобы требования к точности изготовления составляющих звеньев были одинаковыми, необходимо обеспечить равенство коэффициентов $k_j = k$. Исходя из этого, можно найти

$$k = \frac{T_{\Delta}}{\sum_{j=1}^{m-1} i_j}. \quad (8.8)$$

Значение коэффициента k характеризует точность, с какой следует получать все составляющие звенья размерной цепи. Если рассчитанное значение коэффициента k не соответствует строго определенному значению, то его округляют до ближайшего стандартного значения (табл.8.2).

Для вероятностного метода

$$T_{cp} = \frac{T_{\Delta}}{t_{\Delta} \sqrt{\sum_{j=1}^{m-1} \lambda_j^2}}. \quad (8.9)$$

Таблица 8.2 – Зависимость коэффициента k от квалитета

Квалитет	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
k	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600

Значение единиц допуска i для размеров до 500 мм приведены в таблице 8.3.

Таблица 8.3 - Значение единиц допуска i для размеров до 500 мм

Интервал размеров, мм	До 3	3-6	6-10	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-250	250-315	315-400	400-500
i_j	0,55	0,73	0,99	1,08	1,31	1,56	1,86	2,17	2,52	2,89	3,22	3,54	3,89

Предельные отклонения j -го звена:

$$\text{верхнее отклонение } Es(A_j) = Ec(A_j) + \frac{T_j}{2}; \quad (8.10)$$

$$\text{нижнее отклонение } Ei(A_j) = Ec(A_j) - \frac{T_j}{2}. \quad (8.11)$$

Задания для самостоятельного выполнения

Составить размерную цепь и провести расчет допусков составляющих звеньев: методом максимума-минимума и теоретико-вероятностным методом (вероятность $P = 0,05 \%$, нормальный закон распределения рассеяния размеров составляющих звеньев).

Для определения номинальных размеров составляющих звеньев нужно:

- по номеру подшипника определить его ширину B (приложение 9);
- измерить ширину $B_{\text{черт}}$ подшипника на рисунке и определить коэффициент

масштабирования по формуле $\mu = \frac{B}{B_{\text{черт}}}$;

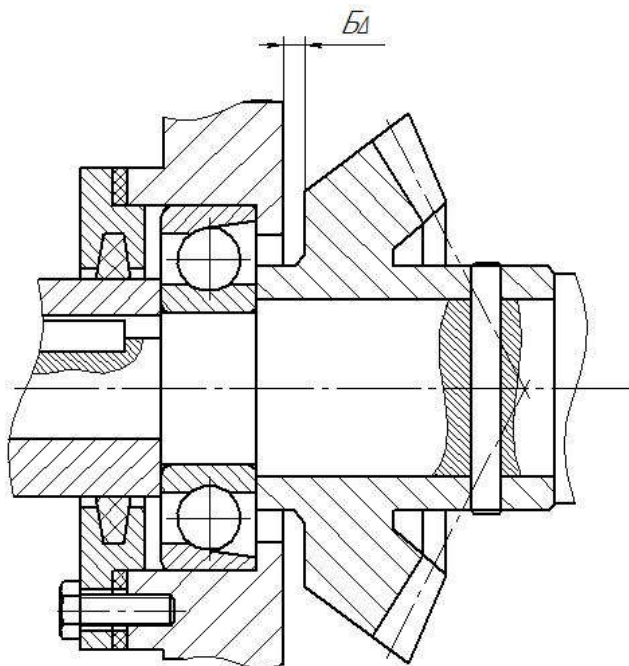
- измерить размеры составляющих звеньев. Полученные значения умножить на масштабный коэффициент μ ;
- установить увеличивающие и уменьшающие звенья;
- составить уравнение размерной цепи. Если равенство не выполняется, то изменить номинальный размер у одного составляющего звена, таким образом, чтобы получить верное равенство.

Предпоследняя цифра номера варианта	Номер рисунка	Номер подшипника	Последняя цифра номера варианта	Номинальный размер и предельные отклонения замыкающего звена A_{Δ} , мм
0	8.5	210	0	$1^{+0,2}$
1	8.6	215	1	$1^{+0,3}_{+0,1}$
2	8.7	218	2	$1^{+0,4}_{-0,1}$
3	8.8	307	3	$2^{+0,4}_{+0,2}$
4	8.9	309	4	$2^{-0,2}_{-0,4}$
5	8.10	314	5	$2^{-0,2}_{-0,2}$
6	8.11	406	6	$3^{+0,4}_{+0,2}$
7	8.12	409	7	$3^{+0,3}_{+0,1}$
8	8.13	412	8	$3^{-0,1}_{-0,3}$
9	8.14	305	9	$3^{+0,3}$

Пример.

Составить размерную цепь и провести расчет допусков составляющих звеньев: методом максимума-минимума и теоретико-вероятностным методом (вероятность $P = 0,27 \%$, нормальный закон распределения рассеяния размеров составляющих звеньев).

Исходные данные: номер подшипника – 412, номинальный размер и предельные отклонения замыкающего звена $B_{\Delta} = 4^{+0,3}_{+0,1}$.



Составим размерную цепь. Звено B_1 относится к зубчатому колесу, B_2 - ступень вала, B_3 – участок корпуса.

По номеру подшипника 412 по приложению 9 определяем его ширину $B = 35$ мм. По чертежу определяем размер подшипника $B_{\text{черт}} = 13$ мм. Масштабный коэффициент $\mu = \frac{35}{13} = 2,69$.

Тогда номинальный размер составляющих звеньев с округлением до стандартного значения по ГОСТ 6636-69:

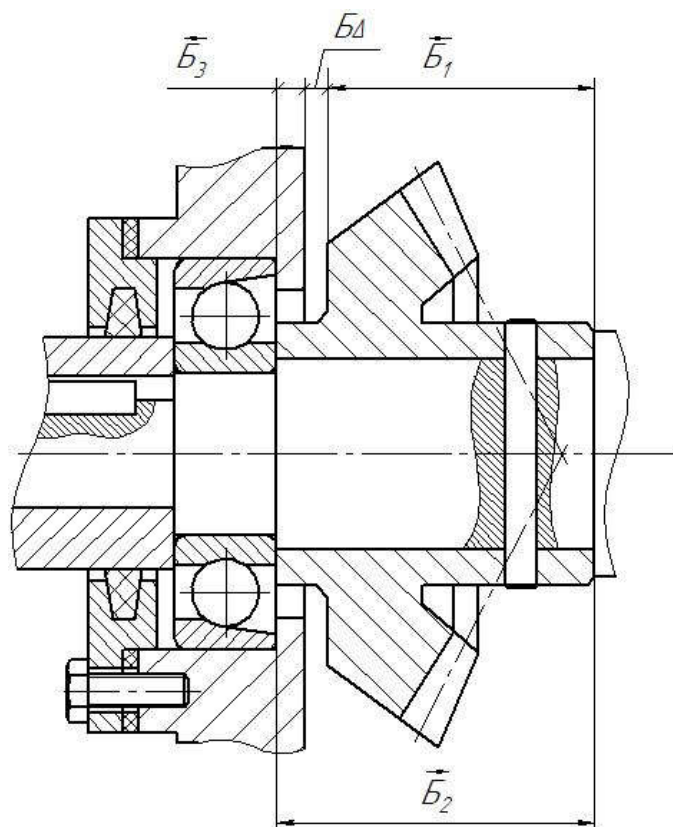
$$B_1 = 33 \cdot 2,69 = 90 \text{ мм}, B_2 = 40 \cdot 2,69 = 105 \text{ мм}, B_3 = 3 \cdot 2,69 = 8 \text{ мм}.$$

Установим увеличивающие и уменьшающие звенья: B_1 , B_3 – уменьшающие звенья, B_2 – увеличивающее звено.

$$\text{Составим уравнение размерной цепи: } B_{\Delta} = B_2 - (B_1 + B_3).$$

$$4 = 105 - (90 + 8), 4 \neq 7.$$

Изменим номинальный размер звена B_3 : $B_3 = 11$ мм.



Метод максимума-минимума.

Определим среднюю точность размерной цепи.

$$k = \frac{T_{\Delta}}{\sum_{j=1}^{m-1} i_j} = \frac{200}{2,17 + 2,17 + 1,08} = 36,9.$$

Найденное число единиц допуска лежит в пределах стандартных значений $k = 25$ (8-й квалитет), $k = 40$ (9-й квалитет). Отсюда следует, что часть звеньев должна изготавливаться по 8-му квалитету, а часть – по 9-му квалитету. При этом следует назначать допуски таким образом, чтобы допуск звена $\bar{B}_3$ лежал в пределах между 8-м и 9-м квалитетами, либо соответствовал одному из этих квалитетов.

Предельные отклонения на составляющие звенья, кроме $\bar{B}_3$, рекомендуется назначать на размеры, относящиеся к валам – по h , относящиеся к отверстиям – по H ; на остальные – $\pm \frac{IT}{2}$.

Результаты предварительных расчетов представлены в таблице.

Обо- значе- ние звена	Номи- наль- ный размер, мм	i_j , мкм	Обо- значе- ние ос- новно- го от- клоне- ния	Квали- тет	Допуск Т	Верх- нее от- клоне- ние	Ниж- нее от- клоне- ние	Сере- дина интер- вала допус- ка
B_Δ	4	—	-	-	200	+300	+100	+200
$\vec{B}_1$	90	2,17	h	9	87	0	-87	-43,5
$\vec{B}_2$	105	2,17	$\pm \frac{IT}{2}$	9	87	+43,5	-43,5	0
$\vec{B}_3$	11	1,08	-	8...9	26	-143,5	-169,5	-156,5

Определение допуска звена $\vec{B}_3$.

Воспользуемся формулой (8.2)

$$T_\Delta = \sum_{j=1}^{m-1} T_j; 200 = 87 + 87 + T_3; T_3 = 26 \text{ мкм.}$$

Определение предельных отклонений звена $\vec{B}_3$.

Из формулы (8.4)

$$Es(B_\Delta) = \sum_{j=1}^n Es(\vec{B}_j) - \sum_{j=1}^p Ei(\vec{B}_j);$$

$$+300 = +43,5 - (-87) - Ei(\vec{B}_2); Ei(\vec{B}_2) = -169,5 \text{ мкм.}$$

Из формулы (8.5)

$$Ei(B_\Delta) = \sum_{j=1}^n Ei(\vec{B}_j) - \sum_{j=1}^p Es(\vec{B}_j);$$

$$+100 = -43,5 - 0 - Es(\vec{B}_2); Es(\vec{B}_2) = -143,5 \text{ мкм.}$$

Проверка. Чтобы убедиться в правильности проведенных расчетов, воспользуемся зависимостью (8.6) для координат середины интервала допуска:

$$Ec(B_\Delta) = \sum_{j=1}^n Ec(\vec{B}_j) - \sum_{j=1}^p Ec(\vec{B}_j);$$

$$+200 = +0 - (-43,5) - (-156,5); +200 = +200.$$

Вычисления верны.

Теоретико-вероятностный метод.

Определим среднюю точность размерной цепи.

Воспользуемся зависимостью $k = \frac{T_{\Delta}}{t \sqrt{\sum_{j=1}^{m-1} \lambda_j^2 i_j^2}}$.

$$k = \frac{300}{3 \cdot \sqrt{\frac{1}{9} \cdot (2,17^2 + 2,17^2 + 1,08^2)}} = 92,2.$$

Найденное число единиц допуска k лежит ближе к стандартному значению $k = 100$, что соответствует 11-му качеству. Допуски на все звенья назначаются по 11-му качеству.

Определение истинного процента брака

Из формулы

$$t = \frac{T_{\Delta}}{\sqrt{\sum_{j=1}^{m-1} \lambda_j^2 T_j^2}},$$
$$t = \frac{200}{\sqrt{\frac{1}{9} \cdot (220^2 + 220^2 + 110^2)}} \approx 1,82,$$

что соответствует 7,186 % брака (значения процента брака определяется по приложению 17). Поскольку процент брака нас не устраивает, назначим допуски размеров по 10-му качеству, тогда

$$t = \frac{200}{\sqrt{\frac{1}{9} \cdot (140^2 + 140^2 + 70^2)}} \approx 2,86,$$

что соответствует 0,373 % брака. Процент брака нас устраивает.

Дальнейшие расчеты сведем в таблицу.

Определение предельных отклонений звена $\bar{B}_3$.

Определим координату середины интервала допуска звена $\bar{B}_3$ по формуле (8.6):

$$Ec(B_{\Delta}) = \sum_{j=1}^n Ec(\vec{B}_j) - \sum_{j=1}^p Ec(\vec{B}_j);$$

$$+ 200 = +0 - (-70) - Ec(\vec{B}_3); Ec(\vec{B}_3) = +130 \text{ мкм.}$$

Обозначение звена	Номинальный размер, мм	i_j , мкм	Обозначение основного отклонения	Квалитет	Допуск Т	Верхнее отклонение	Нижнее отклонение	Средина интервала допуска
B_{Δ}	4	—			200	+300	+100	+200
$\vec{B}_1$	90	2,17	h	10	140	0	-140	-70
$\vec{B}_2$	105	2,17	$\pm \frac{IT}{2}$	10	140	+70	-70	0
$\vec{B}_3$	11	1,08	-	10	70	+165	+95	+130

По формуле (8.10):

$$Es(B_j) = Ec(B_j) + \frac{T_j}{2};$$

$$Es(B_3) = +130 + \frac{70}{2} = +165 \text{ мкм.}$$

По формуле (8.11)

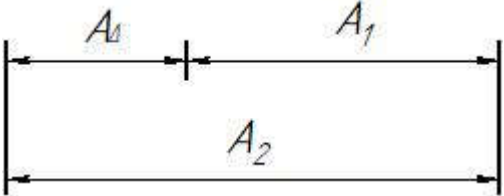
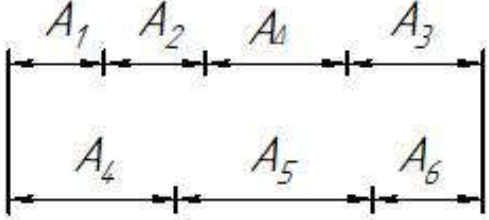
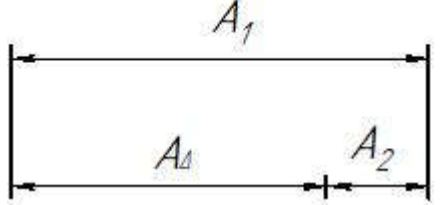
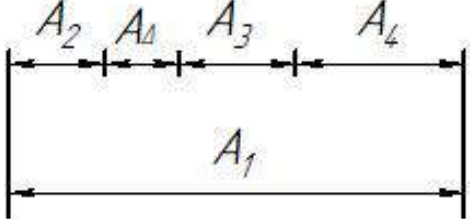
$$Ei(B_j) = Ec(B_j) - \frac{T_j}{2};$$

$$Ei(B_3) = +130 - \frac{70}{2} = +95 \text{ мкм.}$$

Контрольные вопросы для самоподготовки и защиты практической работы.

1. Размерная цепь. Обозначение.
2. Составляющие и замыкающие звенья.
3. Виды размерных цепей.
4. Методы решения размерных цепей. Область применения. Достоинства и недостатки методов.
5. Какое звено является уменьшающим? увеличивающим?
6. Задачи, решаемые с помощью размерных цепей.
7. Выявление замыкающего звена.

8. Особенности назначения допуска замыкающего звена для конструкторской, технологической и измерительной размерной цепи.
9. Опишите порядок и принципы выявления составляющих звеньев.
10. Чему равен допуск замыкающего звена при решении размерной цепи методом «максимум-минимум»?
11. От чего зависит допуск замыкающего звена при решении размерной цепи теоретико-вероятностным методом?
12. Запишите зависимость предельных отклонений замыкающего звена от предельных отклонений составляющих звеньев.
13. Методы определения среднего значения допуска составляющих звеньев.
14. По известным номинальным размерам и предельным отклонениям составляющих звеньев определить номинальный размер, допуск и предельные отклонения замыкающего звена.

	Схема размерной цепи	Исходные данные
1		$A_1 = 25 \pm 0,05,$ $A_2 = 50_{-0,02}$
2		$A_1 = 20_{-0,15}^{+0,03}, A_2 = 27_{-0,10}^{+0,17},$ $A_3 = 30_{-0,10}^{+0,23}, A_4 = 40 \pm 0,34,$ $A_5 = 15_{-0,08}^{-0,05}, A_6 = 25_{-0,09}^{-0,05}$
3		$A_1 = 60_{-0,02},$ $A_2 = 20_{-0,02}^{+0,17}$
4		$A_1 = 100_{-0,25}^{+0,35}, A_2 = 22_{-0,24}^{-0,12},$ $A_3 = 48 \pm 0,1, A_4 = 20_{+0,06}^{+0,16}$

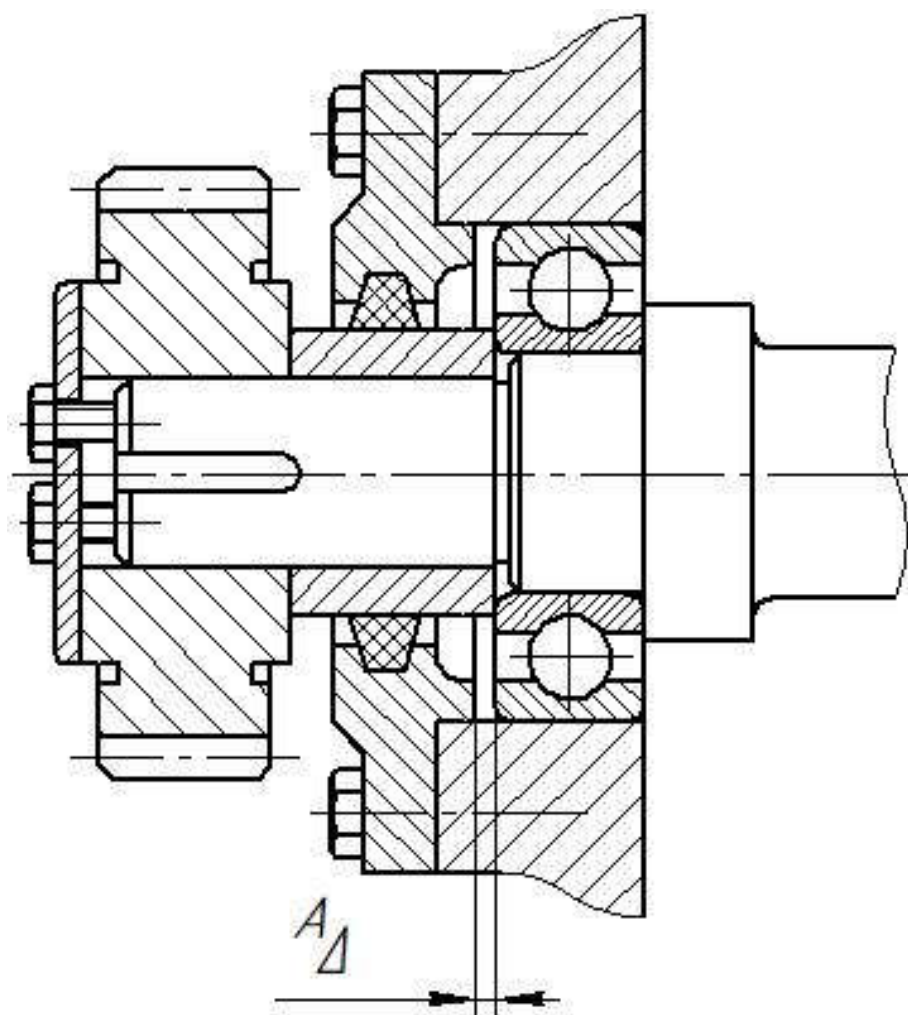


Рисунок 8.5

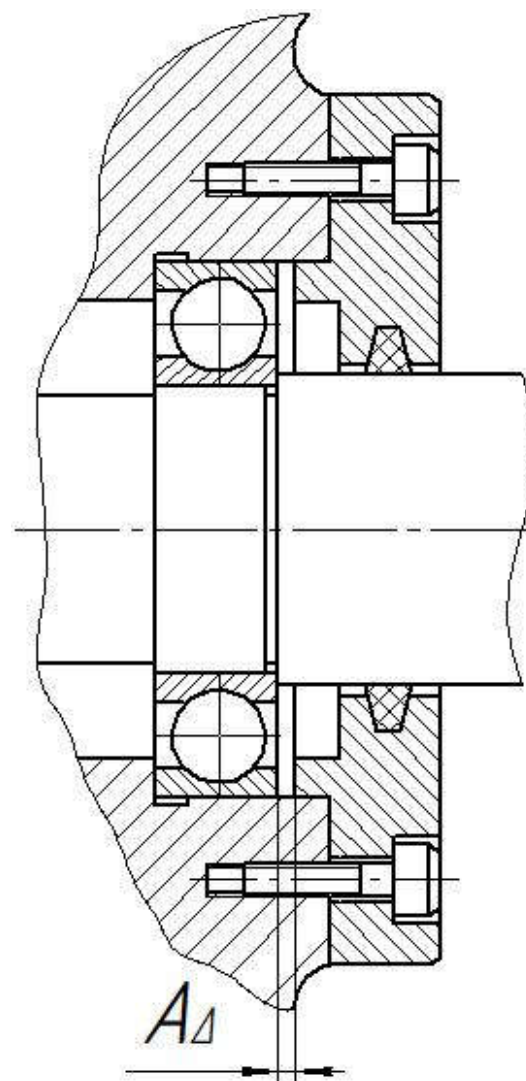


Рисунок 8.6

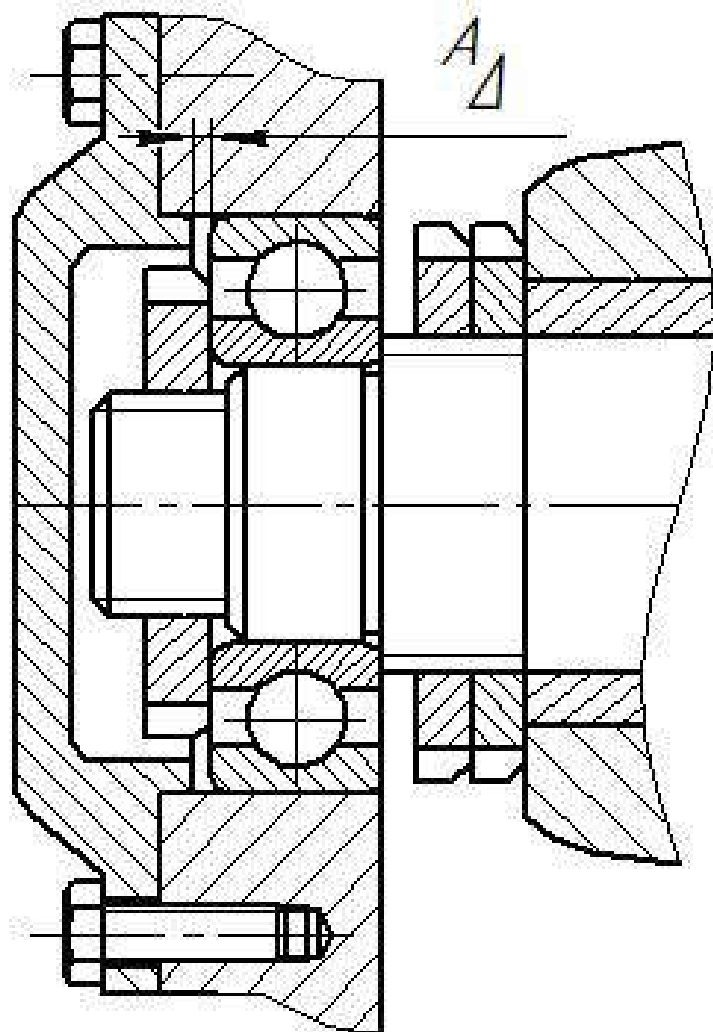


Рисунок 8.7

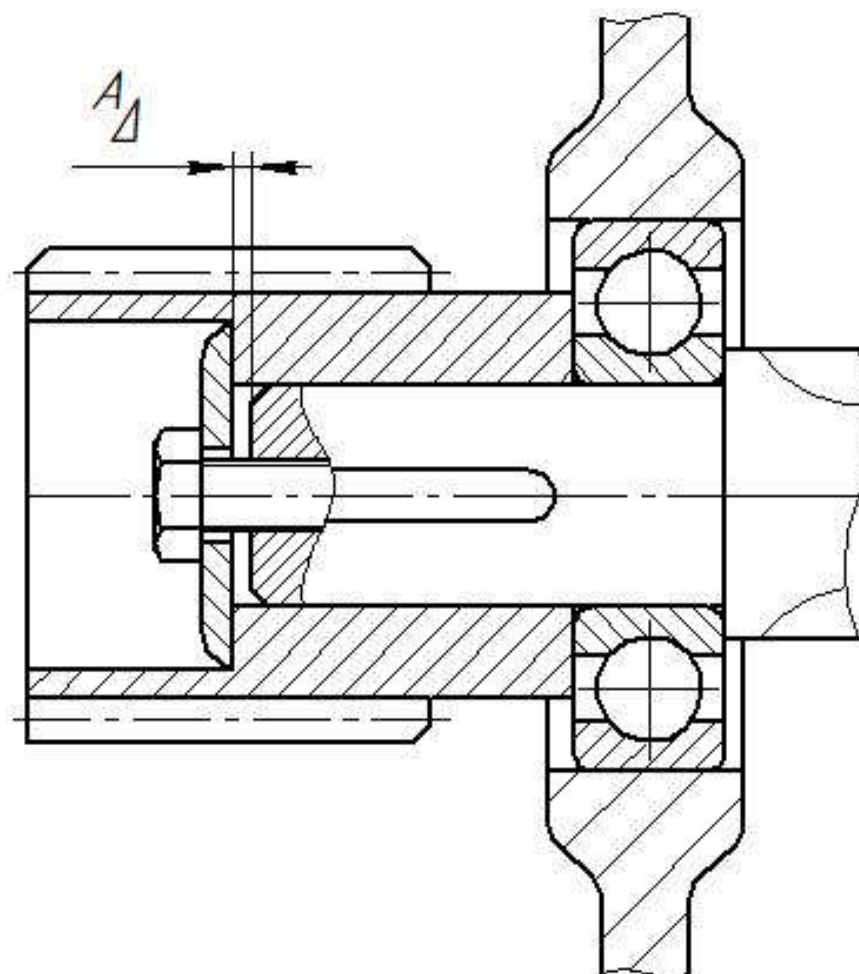


Рисунок 8.8

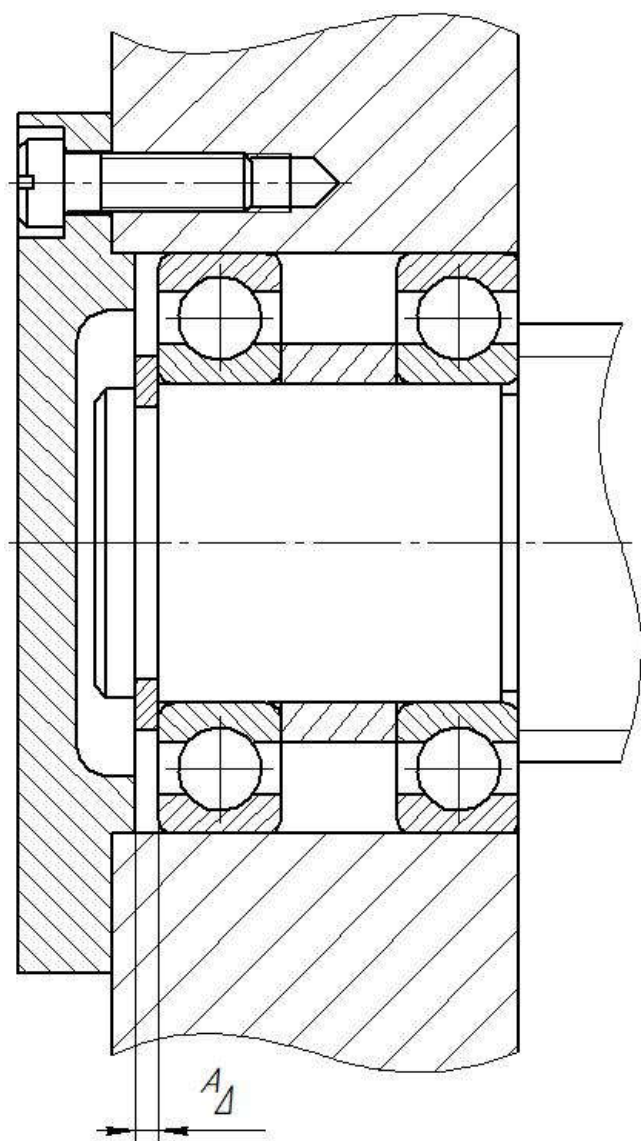


Рисунок 8.9

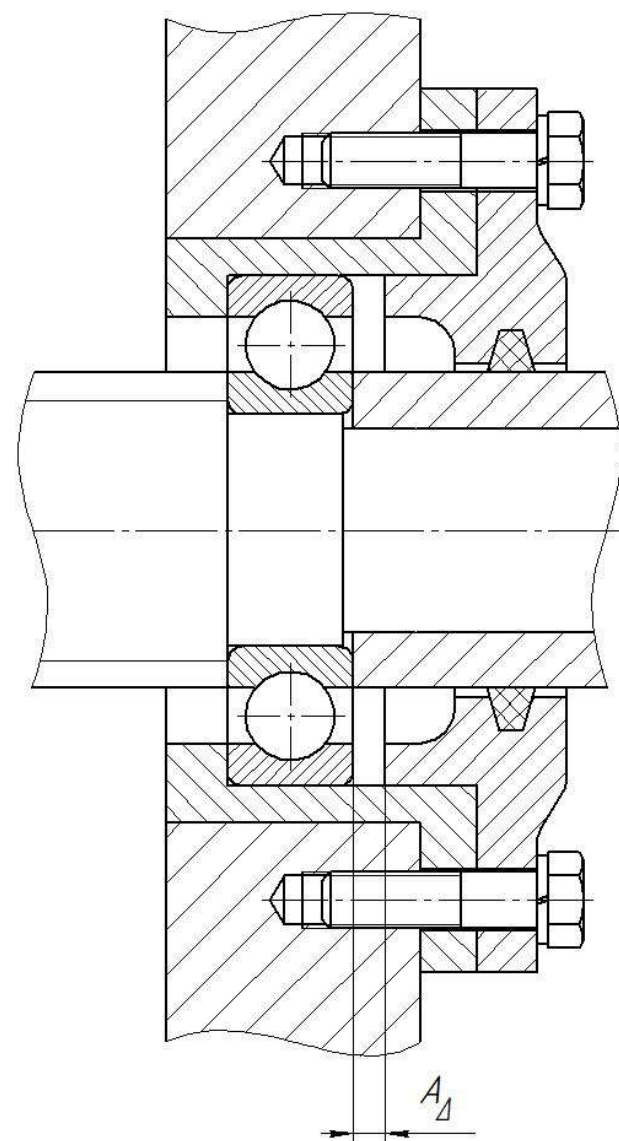


Рисунок 8.10

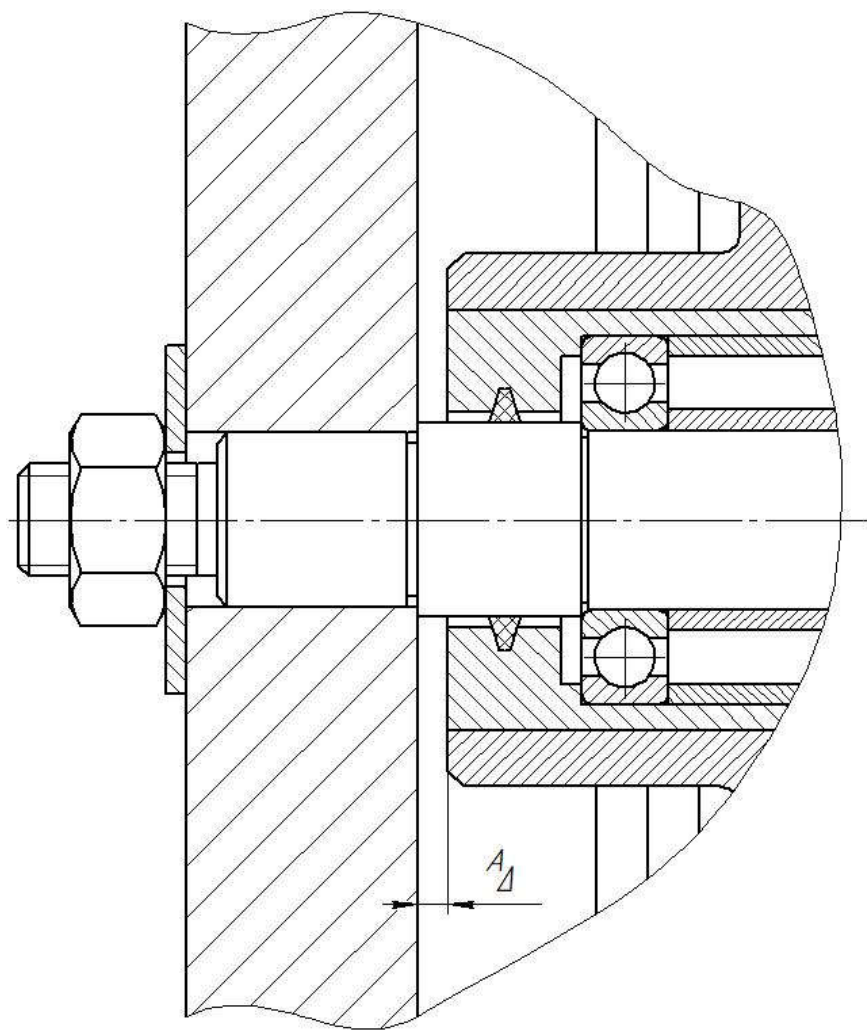


Рисунок 8.11

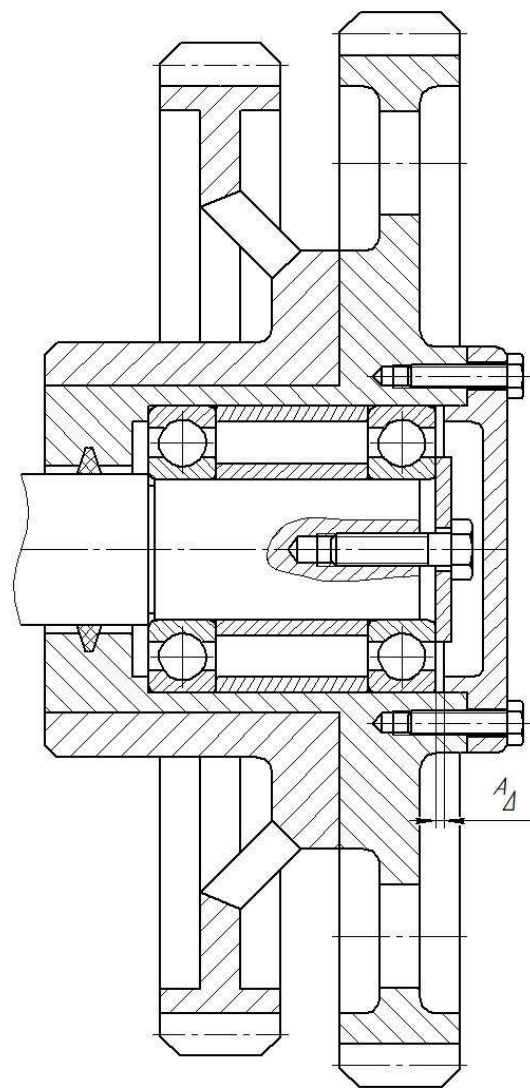


Рисунок 8.12

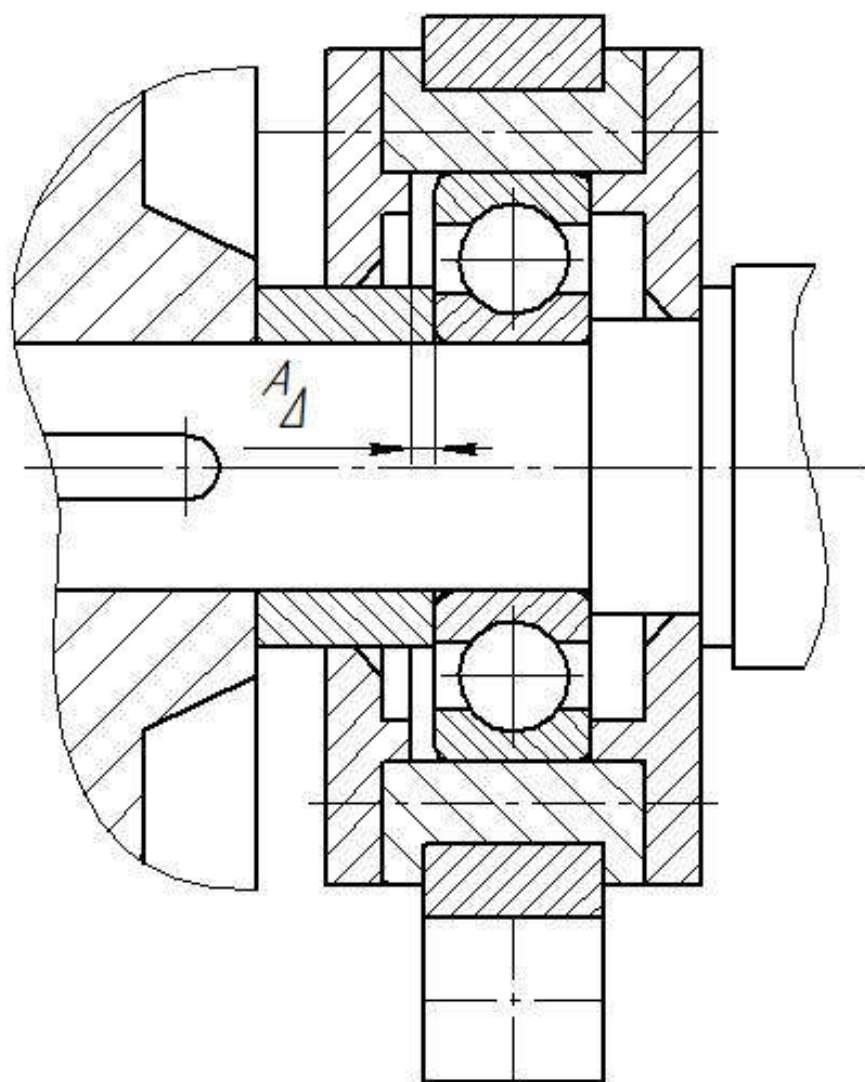


Рисунок 8.13

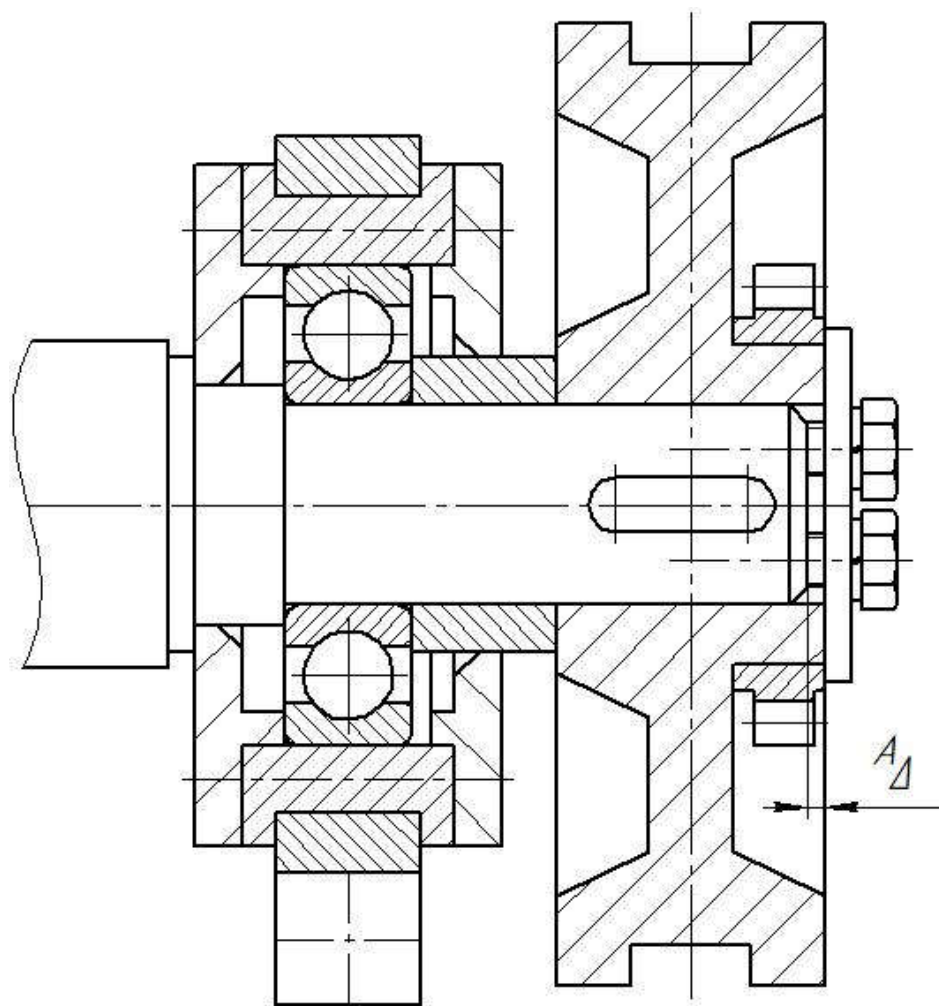


Рисунок 8.14

