

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ**  
**БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**КАФЕДРА МАШИНОСТРОЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ**

# **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**к практической работе**

**«ДОСТИЖЕНИЕ ТОЧНОСТИ СБОРКИ МАШИН МЕТОДОМ  
ГРУППОВОЙ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ»**

по дисциплине «Технология машиностроения»  
для студентов специальности 1-36 01 01  
«Технология машиностроения»

БРЕСТ 2023

УДК 621.91.002

Методические указания предназначены для оказания помощи студентам при выполнении практической работы. Также они могут быть полезны инженерам-технологам, занимающимся разработкой техпроцессов сборки машин.

Составитель: О. А. Медведев, доцент, к. т. н.

Рецензенты: Г. В. Юдчиц, начальник конструкторско-технологического бюро ОАО «Брестмаш»;  
В. Ф. Григорьев, доцент кафедры машиноведения БрГТУ, к. т. н., доцент

## 1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью практической работы является приобретение навыков расчетов числа групп сортировки, групповых допусков и групповых предельных размеров деталей, являющихся составляющими звеньями сборочных конструкторских размерных цепей машин, при достижении точности замыкающих звеньев методом групповой взаимозаменяемости.

## 2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

### 2.1 Сущность достижения точности сборки методом групповой взаимозаменяемости

При этом методе попадание замыкающего звена сборочной конструкторской размерной цепи в пределы заданного (конструкторского) допуска обеспечивается, если в сборочную конструкторскую размерную цепь конкретного изделия включать составляющие звенья только из одноименных размерных групп, на которые эти звенья предварительно рассортированы. Этот метод достижения точности также называется селективной сборкой.

Составляющие звенья изготавливают с технически и экономически приемлемыми (расширенными) производственными допусками, сумма которых значительно превышает заданный конструкторский допуск замыкающего звена  $TA_{\Delta}$ , следовательно, достижение точности сборки методом полной взаимозаменяемости невозможно.

Для обеспечения селективной сборки расширенный допуск каждого составляющего звена  $TA_j$  делится на равные части, число которых равно числу групп сортировки составляющих звеньев  $p$ . Таким образом, групповой допуск будет равен [1, 2, 3]

$$TA_{je} = TA_j/p. \quad (2.1)$$

Все экземпляры  $j$ -го звена, поступающие на сборку, сортируют на  $p$  групп. В одну размерную группу объединяют экземпляры  $j$ -го звена, действительные значения которых попадают между границами одного из  $p$  групповых допусков этого звена. Интервалам групповых допусков присваиваются номера в порядке возрастания значений их границ:  $1, 2, \dots, p$ . Экземпляры  $j$ -го звена, относящиеся к одной размерной группе, хранят и подают на сборку в отдельной маркированной таре. Аналогично сортируют все экземпляры каждого составляющего звена размерной цепи. Если формировать изделия из экземпляров составляющих звеньев, отсортированных в одноименные размерные группы (например, экземпляры первой размерной группы первого составляющего звена соединять только с экземплярами первых размерных групп других составляющих звеньев, экземпляры второй размерной группы первого составляющего звена соединять только с экземплярами вторых размерных групп других составляющих звеньев, и так далее), то интервал рассеяния замыкающего звена в изделиях одной размерной группы будет равен сумме групповых допусков составляющих звеньев, что в  $p$  раз меньше суммы расширенных производственных допусков составляющих звеньев. Тогда для достижения заданной точности замыкающего звена (то есть обеспечения попадания его в пределы заданного конструкторского допуска  $TA_{\Delta}$ ) надо выдержать условие

$$TA_{\Delta} \geq \sum_{j=1}^{m+n} TA_j / p, \quad (2.2)$$

где  $m$  – число увеличивающих составляющих звеньев;  $n$  – число уменьшающих составляющих звеньев.

С учетом формулы (2.2), требуемое для достижения точности сборки число групп сортировки, при известных значениях расширенных допусков  $TA_j$  и требуемого допуска замыкающего звена  $TA_{\Delta}$ , следует определять по формуле

$$p \geq \sum_{j=1}^{m+n} TA_j / TA_{\Delta}. \quad (2.3)$$

Эффективное применение метода групповой взаимозаменяемости возможно при соблюдении следующих условий:

– допуски составляющих звеньев должны быть одинаковы. В противном случае среднее значение замыкающего звена в изделиях разных групп будут различными и потребуются увеличить число групп сортировки, чтобы компенсировать рассеяние этих средних значений;

– законы распределения значений составляющих звеньев должны быть одинаковыми. В противном случае в одноименных группах будет отсортировано неодинаковое количество деталей разного вида, пригодных для соединения в одном изделии. При этом из деталей одноименных групп удастся собрать количество изделий, равное количеству деталей самого малочисленного вида. Детали других видов данной группы окажутся в избытке, следовательно, возрастет незавершенное производство;

– число групп сортировки, как правило, не должно превышать 4...5 [2]. В противном случае из-за большой трудоёмкости измерений и сортировки метод селективной сборки может быть экономически неприемлемым.

Селективная сборка применяется для достижения наиболее высокой точности замыкающих звеньев в размерных цепях с малым числом составляющих звеньев, когда конструктивно невозможно использовать компенсатор, а методы полной и неполной взаимозаменяемости экономически не приемлемы. Метод может использоваться во всех типах производства, но предпочтителен в крупносерийном и массовом производстве при автоматизации сортировки, маркировки, отдельного хранения и транспортирования деталей разных групп в отдельной таре [4].

## **2.2 Порядок расчета сборочной конструкторской размерной цепи при достижении точности замыкающего звена методом групповой взаимозаменяемости**

1) Уяснить исходные данные для расчета: конструкцию сборочной единицы; схему сборочной конструкторской размерной цепи; замыкающее звено, увеличивающие и уменьшающие составляющие звенья; номинальные значения звеньев цепи, предельные отклонения и допуск замыкающего звена.

2) Рассчитать расширенный допуск замыкающего звена (равный сумме расширенных технических и экономически приемлемых допусков составляющих звеньев), исходя из

заданного в технических условиях сборки конструкторского допуска замыкающего звена  $TA_{\Delta}$  и рекомендуемого числа групп сортировки составляющих звеньев  $p \leq 4 \dots 5$ .

$$TA_{\Delta\Sigma} = TA_{\Delta} \cdot p. \quad (2.4)$$

3) Определить сумму расширенных допусков увеличивающих составляющих звеньев цепи, равную половине расширенного допуска замыкающего звена, и сумму расширенных допусков уменьшающих составляющих звеньев цепи, равную второй половине расширенного допуска замыкающего звена

$$\sum_{j=1}^m T\vec{A}_{\Sigma j} = \sum_{j=1}^n T\vec{A}_{\Sigma j} = TA_{\Delta\Sigma} / 2. \quad (2.5)$$

Равные половины допуска замыкающего звена, распределенные на увеличивающие и уменьшающие звенья, обеспечивают одинаковые средние значения замыкающего звена во всех группах сортировки.

4) Определить расширенные допуски каждого увеличивающего составляющего звена, распределив сумму их расширенных допусков по отдельным составляющим звеньям. Если в размерную цепь входит не более 2–3 увеличивающих составляющих звеньев, то расширенные допуски можно определить путем простого их подбора из таблицы стандартных допусков [5] (или приложение Б), соблюдая условие (2.5). При этом технически и экономически приемлемыми считаются допуски составляющих звеньев, принятые по 9...11 квалитетам [2, 4]. Если для соблюдения условия (2.5) требуется назначение допусков из более грубых квалитетов, то следует уменьшить число групп сортировки (для снижения ее трудоемкости) и заново определить расширенные допуски составляющих звеньев. Если в цепь входит более трех увеличивающих звеньев, то для распределения половины расширенного допуска замыкающего звена на увеличивающие составляющие звенья следует использовать принцип проектного расчета размерной цепи методом максимума-минимума и принцип допусков одного квалитета [6]. Для обеспечения условия (2.5) для одного или нескольких составляющих звеньев можно принять нестандартные допуски.

5) Аналогично следует определить расширенные допуски каждого из уменьшающих составляющих звеньев, добиваясь точного соблюдения условия (2.5).

6) Определяются средние отклонения всех составляющих звеньев (кроме одного корректируемого звена) по формулам:

– для увеличивающих звеньев (как на основные отверстия)

$$E\vec{M}_j = +TA_{j\sigma} / 2; \quad (2.6)$$

– для уменьшающих звеньев (как на основные валы)

$$E\vec{M}_j = -TA_{j\sigma} / 2. \quad (2.7)$$

7) Определяются средние значения всех составляющих звеньев (кроме одного корректируемого звена) по формулам:

– для увеличивающих звеньев

$$\vec{A}_{jc} = \vec{A}_{jn} + EM_j; \quad (2.8)$$

– для уменьшающих звеньев

$$\vec{A}_{jc} = \vec{A}_{jn} - EM_j. \quad (2.9)$$

8) Определяется среднее значение корректируемого звена с учетом средних значений остальных звеньев:

– если корректируемым является увеличивающее звено

$$\vec{A}_{kc} = \sum_{j=1}^m \vec{A}_{jc} - \sum_{j=1}^{n-1} \vec{A}_{jc} + A_{\Delta c}; \quad (2.10)$$

– если корректируемым является уменьшающее звено

$$\vec{A}_{kc} = \sum_{j=1}^m \vec{A}_{jc} - \sum_{j=1}^{n-1} \vec{A}_{jc} - A_{\Delta c}. \quad (2.11)$$

При этом среднее значение замыкающего звена  $A_{\Delta c}$  с расширенным допуском  $TA_{\Delta \Sigma}$  принимается равным среднему значению замыкающего звена с конструкторским допуском  $TA_{\Delta}$ .

9) Определяется среднее отклонение замыкающего звена

$$EM_{\Delta} = A_{\Delta c} - A_{\Delta}. \quad (2.12)$$

10) Определяются предельные отклонения замыкающего звена с учетом его расширенного допуска

$$ES_{\Delta} = EM_{\Delta} + TA_{\Delta \Sigma} / 2; \quad (2.13)$$

$$EI_{\Delta} = EM_{\Delta} - TA_{\Delta \Sigma} / 2. \quad (2.14)$$

11) Определяется среднее отклонение корректируемого звена

$$EM_k = A_{kc} - A_k. \quad (2.15)$$

12) Определяются верхнее  $ES_j$  и нижнее  $EI_j$  предельные отклонения для всех составляющих звеньев

$$ES_j = EM_j + TA_j / 2 ; \quad (2.16)$$

$$EI_j = EM_j - TA_j / 2 . \quad (2.17)$$

13) Определяются предельные значения всех составляющих звеньев

$$A_{j \max} = A_j + ES_j ; \quad (2.18)$$

$$A_{j \min} = A_j + EI_j , \quad (2.19)$$

где  $A_j$  – номинал  $j$ -того составляющего звена.

14) Определяются предельные значения замыкающего звена с учетом его расширенного допуска

$$A_{\Delta \max} = A_{\Delta} + ES_{\Delta} ; \quad (2.20)$$

$$A_{\Delta \min} = A_{\Delta} + EI_{\Delta} . \quad (2.21)$$

15) Проверяется проверка правильности расчетов предельных значений всех составляющих звеньев, найденным с учетом их расширенных допусков

$$A_{\Delta \max} = \sum_{j=1}^m \vec{A}_{j \max} - \sum_{j=1}^n \bar{A}_{j \min} \quad (2.22)$$

$$A_{\Delta \min} = \sum_{j=1}^m \vec{A}_{j \min} - \sum_{j=1}^n \bar{A}_{j \max} \quad (2.23)$$

где  $\vec{A}_j$  –  $j$ -тое увеличивающее звено;  $\bar{A}_j$  –  $j$ -тое уменьшающее звено;  $m$  – число увеличивающих составляющих звеньев;  $n$  – число уменьшающих составляющих звеньев.

16) Определить величину группового допуска для каждого составляющего звена по формуле (2.1).

17) Определить предельные отклонения каждого составляющего звена во всех группах сортировки с учетом примыкания полей групповых допусков друг к другу. При этом верхнее отклонение в первой группе сортировки конкретного звена равно сумме нижнего отклонения расширенного поля допуска этого звена и группового допуска этого звена. Нижнее отклонение второй группы сортировки равно верхнему отклонению первой группы сортировки. Верхнее отклонение второй группы сортировки равно сумме нижнего отклонения этой группы и группового допуска этого звена. Аналогично определяются предельные отклонения для всех остальных групп сортировки этого звена. Верхнее отклонение последней группы сортировки должно быть равно верхнему отклонению расширенного поля допуска этого звена.

18) Определить верхние и нижние предельные значения каждого составляющего звена во всех группах сортировки сложением номинала звена с верхним и нижним предельными групповыми отклонениями, найденными в пункте 17.

19) Выполнить проверку правильности расчетов предельных значений составляющих звеньев для первой и последней групп сортировки по уравнениям (2.2) и 2.23), с использованием соответствующих групповых предельных значений составляющих звеньев и предельных значений замыкающего звена, соответствующих исходным данным.

20) Изобразить схему взаимного расположения интервалов расширенных и групповых допусков звеньев размерной цепи с указанием значений предельных размеров при расширенных допусках и предельных отклонений для групповых допусков составляющих звеньев (пример на рисунке 3).

### 3 ПРИМЕР РАСЧЕТА РАЗМЕРНОЙ ЦЕПИ ПРИ ДОСТИЖЕНИИ ТОЧНОСТИ СБОРКИ МЕТОДОМ ГРУППОВОЙ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ

Поясним рассмотренную ранее методику определения числа групп сортировки, групповых допусков и групповых предельных размеров деталей на примере сборочной конструкторской размерной цепи соединения вала с отверстием втулки, с гарантированным зазором.

1) Сборочная единица представляет собой соединение вала с отверстием втулки с гарантированным зазором. Номинальный диаметр соединения 50 мм. В процессе сборки соединения требуется обеспечить значение зазора  $S = 0,05 \pm 0,02$  мм. Схема соединения и сборочной конструкторской размерной цепи представлена на рисунках 1 и 2. В этой цепи зазор является замыкающим звеном  $S = A_{\Delta}$ , значение которого зависит от значений двух составляющих звеньев: диаметр отверстия  $A_1$  (увеличивающее звено); диаметр вала  $A_2$  (уменьшающее звено):  $A_{\Delta} = A_1 - A_2$ .

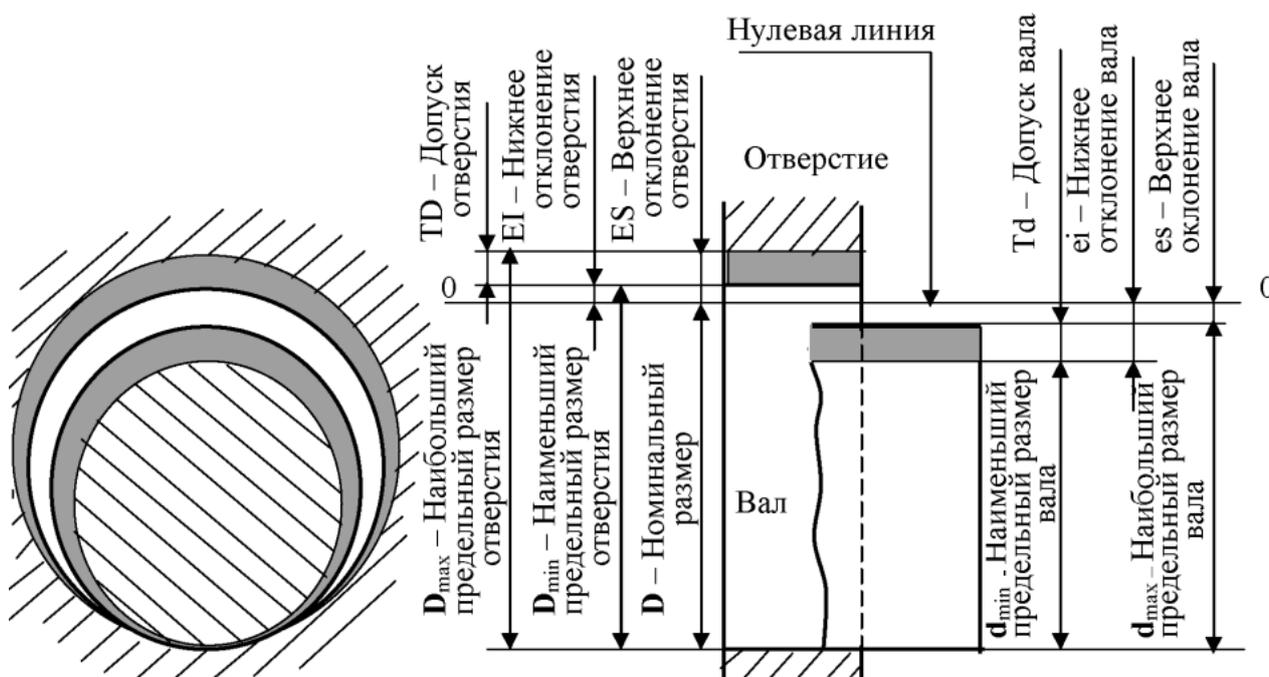
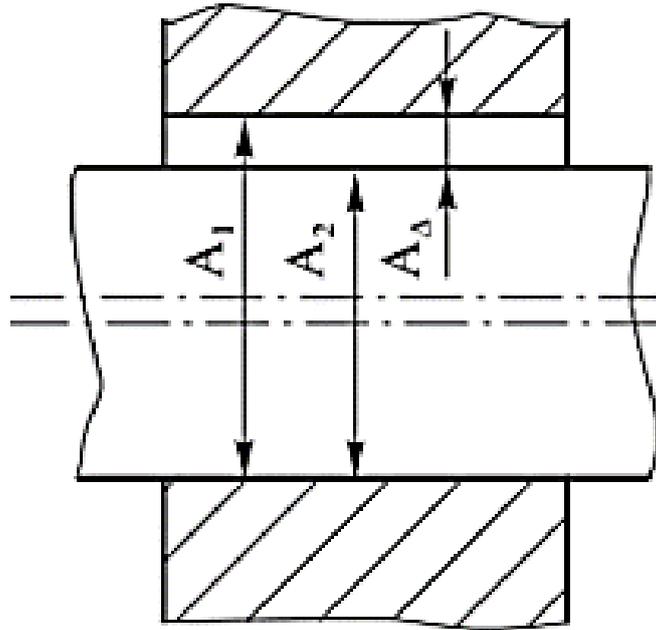


Рисунок 1 – Схема соединения вала с отверстием втулки с гарантированным зазором



**Рисунок 2 – Схема сборочной конструкторской размерной цепи соединения вала с отверстием втулки с гарантированным зазором**

Конструкторский допуск замыкающего звена определим как разность между заданными верхним и нижним предельными отклонениями зазора

$$TA_{\Delta} = ES_{\Delta} - EI_{\Delta} = 0,02 - (-0,02) = 0,04 \text{ мм.}$$

Определяем предельные значения замыкающего звена с учетом его требуемых в исходных данных предельных отклонений по формулам (2.20) и (2.21)

$$A_{\Delta \max} = A_{\Delta} + ES_{\Delta} = 0,05 + 0,02 = 0,07 \text{ мм;}$$

$$A_{\Delta \min} = A_{j\Delta} + EI_{\Delta} = 0,05 + (-0,02) = 0,03 \text{ мм.}$$

2) Определяем расширенный допуск замыкающего звена приняв число групп сортировки  $P = 5$  из рекомендуемого диапазона  $p \leq 4 \dots 5$

$$TA_{\Delta\Sigma} = TA_{\Delta} \cdot p = 0,04 \cdot 5 = 0,20 \text{ мм} = 200 \text{ мкм.}$$

3) Определяем расширенные допуски составляющих звеньев, распределив одну половину  $TA_{\Delta\Sigma}$  на увеличивающие звенья, а вторую половину  $TA_{\Delta\Sigma}$  на уменьшающие звенья

$$\sum_{j=1}^m T\vec{A}_{\Sigma j} = \sum_{j=1}^n T\vec{A}_{\Sigma j} = TA_{\Delta\Sigma} / 2 = 0,2 / 2 = 0,1 \text{ мм.}$$

4) Так как в рассматриваемой размерной цепи одно увеличивающее звено  $A_1$ , то его расширенный допуск равен

$$TA_1 = TA_{\Delta\Sigma}/2 = 0,1/2 = 0,1 \text{ мм} = 100 \text{ мкм}.$$

5) Так как в рассматриваемой размерной цепи одно уменьшающее звено  $A_2$ , то его расширенный допуск равен

$$TA_2 = TA_{\Delta\Sigma}/2 = 0,1/2 = 0,1 \text{ мм} = 100 \text{ мкм}.$$

Найденные допуски  $TA_1$  и  $TA_2$  для номинального размера соединения 50 мм в соответствии с таблицей стандартных допусков (приложение Б) относится к экономически приемлемому 10 квалитету.

6) Для единственного увеличивающего звена  $A_1$  принимаем основное отклонение Н (как для основного отверстия).

Среднее отклонение звена  $A_1$

$$EM_1 = + TA_1/2 = + 0,1/2 = + 0,05 \text{ мм}.$$

Единственное уменьшающее звено  $A_2$  также должно иметь расширенный допуск по 10 квалитету. Его принимаем в качестве корректируемого звена. Потому на него не назначаем основное отклонение как для основного вала.

7) Среднее значения звена  $A_1$

$$A_{1cp} = A_1 + EM_1 = 50 + 0,05 = 50,05 \text{ мм}.$$

8) Среднее значение уменьшающего корректируемого звена  $A_{2к}$  определяем по формуле (2.11)

$$\bar{A}_{\kappa c} = \sum_{j=1}^m \bar{A}_{jc} - \sum_{j=1}^{n-1} \bar{A}_{jc} - A_{\Delta c} = 50,5 - 0 - 0,05 = 50 \text{ мм}.$$

При этом среднее значение замыкающего звена с расширенным допуском  $TA_{\Delta\Sigma}$  принимаем равным среднему значению замыкающего звена с конструкторским допуском  $TA_{\Delta}$ , то есть  $A_{\Delta c} = 0,05 \text{ мм}$ .

9) Определяем среднее отклонение замыкающего звена по формуле (2.12). Так как в исходных данных для замыкающего звена указаны равные по модулю верхнее и нижнее предельные отклонения, отличающиеся только знаками (+ и -), то номинальное и среднее значения замыкающего звена равны  $A_{\Delta c} = A_{\Delta} = 0,05 \text{ мм}$ . Тогда

$$EM_{\Delta} = A_{\Delta c} - A_{\Delta} = 0,05 - 0,05 = 0.$$

10) Определяем предельные отклонения замыкающего звена с учетом его расширенного допуска по формулам (2.13) и (2.14):

$$ES_{\Delta} = EM_{\Delta} + TA_{\Delta\Sigma} / 2 = 0 + 0,2 / 2 = 0,1 \text{ мм};$$

$$EI_{\Delta} = EM_{\Delta} - TA_{\Delta\Sigma} / 2 = 0 - 0,2 / 2 = -0,1 \text{ мм}.$$

11) Определяется среднее отклонение корректируемого звена по формуле (2.15)

$$EM_K = A_{KC} - A_K = 50 - 50 = 0 \text{ мм}.$$

12) Определяются верхнее  $ES_j$  и нижнее  $EI_j$  предельные отклонения для всех составляющих звеньев по формулам (2.16) и (2.17).

Для звена  $A_1$

$$ES_1 = EM_1 + TA_1 / 2 = +0,05 \text{ мм} + 0,1 / 2 = 0,01 \text{ мм};$$

$$EI_1 = EM_1 - TA_1 / 2 = +0,05 \text{ мм} - 0,1 / 2 = 0 \text{ мм}.$$

Для звена  $A_{2K}$

$$ES_{2K} = EM_{2K} + TA_2 / 2 = 0 + 0,1 / 2 = 0,05 \text{ мм};$$

$$EI_{2K} = EM_{2K} - TA_2 / 2 = 0 - 0,1 / 2 = -0,05 \text{ мм}.$$

13) Определяем предельные значения всех составляющих звеньев по формулам (2.18) и (2.19).

Для звена  $A_1$

$$A_{1 \max} = A_1 + ES_1 = 50 + 0,1 = 50,1 \text{ мм};$$

$$A_{1 \min} = A_1 + EI_j = 50 + 0 = 50 \text{ мм}.$$

Для звена  $A_{2K}$

$$A_{2K \max} = A_2 + ES_2 = 50 + 0,05 \text{ мм} = 50,05 \text{ мм};$$

$$A_{2K \min} = A_2 + EI_{2K} = 50 + (-0,05) = 49,95 \text{ мм}.$$

Таким образом, отверстия втулок, подаваемых на сортировку, должны иметь диаметр  $A_1 = 50H10^{(+0,1)}$ , а валы, подаваемые на сортировку, должны иметь диаметр  $A_2 = 50j_s10(\pm 0,05)$ .

14) Определяем предельные значения замыкающего звена с учетом его расширенного допуска по формулам (2.20) и (2.21):

$$A_{\Delta \max} = A_{\Delta} + ES_{\Delta} = 0,05 + 0,1 = 0,15 \text{ мм};$$

$$A_{\Delta \min} = A_{j\Delta} + EI_{\Delta} = 0,05 + (-0,1) = -0,05 \text{ мм}.$$

Отрицательное значение  $A_{\Delta \min}$  свидетельствует о том, что при сборке без сортировки в сопряжении отверстия с  $A_{1 \min} = 50 \text{ мм}$  с валом с  $A_{2 \max} = 50,05 \text{ мм}$  вместо зазора возникнет натяг.

15) Проверим правильность расчетов предельных значений всех составляющих звеньев по формулам (2.22) и (2.23):

$$A_{\Delta \max} = \sum_{j=1}^m \vec{A}_{j \max} - \sum_{j=1}^n \vec{A}_{j \min} = 50,1 - 49,95 = 0,15$$

сходится с  $A_{\Delta \max}$  по пункту 14.

$$A_{\Delta \min} = \sum_{j=1}^m \vec{A}_{j \min} - \sum_{j=1}^n \vec{A}_{j \max} = 50 - 50,05 = -0,05$$

сходится с  $A_{\Delta \min}$  по пункту 14.

16) Определим величину группового допуска для каждого составляющего звена по формуле (2.1) для принятого числа групп сортировки  $P = 5$

$$TA_{gp} = TA_{1gp} = TA_{2gp} = TA_{1\Sigma}/p = TA_{2\Sigma}/p = 0,1 / 5 = 0,02 \text{ мм}.$$

17) Определяем предельные отклонения увеличивающего звена  $A_1$  для всех групп сортировки.

$$\text{Для 1 группы: } EI_{1gp1} = EI_1 = 0; ES_{1gp1} = EI_{1gp1} + TA_{gp} = 0 + 0,02 = 0,02 \text{ мм}$$

$$\text{Для 2 группы: } EI_{1gp2} = ES_{1gp1} = 0,02 \text{ мм}; ES_{1gp2} = EI_{1gp2} + TA_{gp} = 0,02 + 0,02 = 0,04 \text{ мм}.$$

$$\text{Для 3 группы: } EI_{1gp3} = ES_{1gp2} = 0,04 \text{ мм}; ES_{1gp3} = EI_{1gp3} + TA_{gp} = 0,04 + 0,02 = 0,06 \text{ мм}.$$

$$\text{Для 4 группы: } EI_{1gp4} = ES_{1gp3} = 0,06 \text{ мм}; ES_{1gp4} = EI_{1gp4} + TA_{gp} = 0,06 + 0,02 = 0,08 \text{ мм}.$$

$$\text{Для 5 группы: } EI_{1gp5} = ES_{1gp4} = 0,08 \text{ мм}; ES_{1gp5} = EI_{1gp5} + TA_{gp} = 0,08 + 0,02 = 0,1 \text{ мм}.$$

Определяем предельные отклонения уменьшающего звена  $A_2$  для всех групп сортировки.

$$\text{Для 1 группы: } ei_{2gp1} = ei_2 = -0,05 \text{ мм}; es_{2gp1} = ei_{2gp1} + TA_{gp} = -0,05 + 0,02 = -0,03 \text{ мм}.$$

$$\text{Для 2 группы: } ei_{2gp2} = es_{2gp1} = -0,03 \text{ мм}; es_{2gp2} = ei_{2gp2} + TA_{gp} = -0,03 + 0,02 = -0,01 \text{ мм}.$$

$$\text{Для 3 группы: } ei_{2gp3} = es_{2gp2} = -0,01 \text{ мм}; es_{2gp3} = ei_{2gp3} + TA_{gp} = -0,01 + 0,02 = 0,01 \text{ мм}.$$

$$\text{Для 4 группы: } ei_{2gp4} = es_{2gp3} = 0,01 \text{ мм}; es_{2gp4} = ei_{2gp4} + TA_{gp} = 0,01 + 0,02 = 0,03 \text{ мм}.$$

$$\text{Для 5 группы: } ei_{2gp5} = es_{2gp4} = 0,03 \text{ мм}; es_{2gp5} = ei_{2gp5} + TA_{gp} = 0,03 + 0,02 = 0,05 \text{ мм}.$$

18) Определяем предельные значения увеличивающего звена  $A_1$  для всех групп сортировки.

Для 1 группы:  $A_{1minгр1} = A_1 + EI_{1гр1} = 50 + 0 = 50 \text{ мм};$   
 $A_{1maxгр1} = A_1 + ES_{1гр1} = 50 + 0,02 = 50,02 \text{ мм}.$

Для 2 группы:  $A_{1minгр2} = A_1 + EI_{1гр2} = 50 + 0,02 = 50,02 \text{ мм};$   
 $A_{1maxгр2} = A_1 + ES_{1гр2} = 50 + 0,02 = 50,02 \text{ мм}.$

Для 3 группы:  $A_{1minгр3} = A_1 + EI_{1гр3} = 50 + 0,04 = 50,04 \text{ мм};$   
 $A_{1maxгр3} = A_1 + ES_{1гр2} = 50 + 0,06 = 50,06 \text{ мм}.$

Для 4 группы:  $A_{1minгр4} = A_1 + EI_{1гр3} = 50 + 0,06 = 50,06 \text{ мм};$   
 $A_{1maxгр4} = A_1 + ES_{1гр4} = 50 + 0,08 = 50,08 \text{ мм}.$

Для 5 группы:  $A_{1minгр5} = A_1 + EI_{1гр5} = 50 + 0,08 = 50,08 \text{ мм};$   
 $A_{1maxгр5} = A_1 + ES_{1гр5} = 50 + 0,1 = 50,1 \text{ мм}.$

Определяем предельные значения уменьшающего звена  $A_2$  для всех групп сортировки.

Для 1 группы:  $A_{2minгр1} = A_2 + ei_{2гр1} = 50 + (-0,05) = 49,95 \text{ мм};$   
 $A_{2maxгр1} = A_1 + es_{2гр1} = 50 + (-0,03) = 49,97 \text{ мм}.$

Для 2 группы:  $A_{2minгр2} = A_2 + ei_{2гр2} = 50 + (-0,03) = 49,97 \text{ мм};$   
 $A_{2maxгр2} = A_1 + es_{2гр2} = 50 + (-0,01) = 49,99 \text{ мм}.$

Для 3 группы:  $A_{2minгр3} = A_2 + ei_{2гр2} = 50 + (-0,01) = 49,99 \text{ мм};$   
 $A_{2maxгр3} = A_1 + es_{2гр3} = 50 + 0,01 = 50,01 \text{ мм}.$

Для 4 группы:  $A_{2minгр4} = A_2 + ei_{2гр4} = 50 + 0,01 = 50,01 \text{ мм};$   
 $A_{2maxгр4} = A_1 + es_{2гр4} = 50 + 0,03 = 50,03 \text{ мм}.$

Для 5 группы:  $A_{2minгр5} = A_2 + ei_{2гр5} = 50 + 0,03 = 50,03 \text{ мм};$   
 $A_{2maxгр5} = A_1 + es_{2гр3} = 50 + 0,05 = 50,05 \text{ мм}.$

19) Выполняем проверку правильности расчетов предельных значений составляющих звеньев для первой и пятой групп сортировки по получаемым предельным значениям  $A_{\Delta}$ . В соответствии с исходными данными требуется получить

$$A_{\Delta min} = A_{\Delta} + ei_{\Delta} = 0,05 + (-0,02) = 0,03 \text{ мм};$$

$$A_{\Delta max} = A_{\Delta} + es_{\Delta} = 0,05 + 0,02 = 0,07 \text{ мм}.$$

При полученных предельных значениях составляющих звеньев в 1 группе сортировки получаем

$$A_{\Delta min гр1} = A_{1 min гр1} - A_{2 max гр1} = 50 - 49,97 = 0,03 \text{ мм},$$

что сходится с требуемым  $A_{\Delta min}$  по пункту 1

$$A_{\Delta max гр1} = A_{1 max гр1} - A_{2 min гр1} = 50,02 - 49,95 = 0,07 \text{ мм}.$$

что сходится с требуемым  $A_{\Delta max}$  по пункту 1.

При полученных предельных значениях составляющих звеньев в 5 группе сортировки получаем

$$A_{\Delta min гр5} = A_{1 min гр5} - A_{2 max гр5} = 50,08 - 50,05 = 0,03 \text{ мм},$$

что сходится с требуемым  $A_{\Delta min}$  по пункту 1;

$$A_{\Delta max гр5} = A_{1 max гр5} - A_{2 min гр5} = 50,1 - 50,03 = 0,07 \text{ мм}.$$

что сходится с требуемым  $A_{\Delta max}$  по пункту 1.

Проверка подтверждает правильность расчетов предельных групповых размеров составляющих звеньев.

20) Изобразим схему взаимного расположения интервалов расширенных и групповых допусков звеньев размерной цепи (рисунок 3). На схеме изображены интервалы расширенных допусков и пронумерованные интервалы групповых допусков составляющих звеньев и  $A_1$  и  $A_2$ , указаны их предельные значения при расширенных допусках и предельные отклонения групповых допусков.

#### 4 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

4.1 Изучить теоретические сведения из подразделов 2.1 и 2.2 и пример расчета сборочной конструкторской размерной цепи в разделе 3 данных методических указаний.

4.2 Получить у преподавателя индивидуальное задание по практической работе из приложения А.

4.3 Выполнить обоснования и расчеты по пунктам 1...20 подраздела 2.2 данных методических указаний.

4.4 Оформить отчет о практической работе в ученической тетради, в котором изложить исходные данные, обоснования, расчеты, таблицы, схемы, в соответствии с индивидуальным заданием и пунктами 1...20 подраздела 2.2.

4.5 Представить отчет преподавателю для проверки и защиты. На защите необходимо проявить знания теоретических сведений, изложенных в подразделах 2.1 и 2.2, и уметь объяснить выполненные расчеты и схемы.

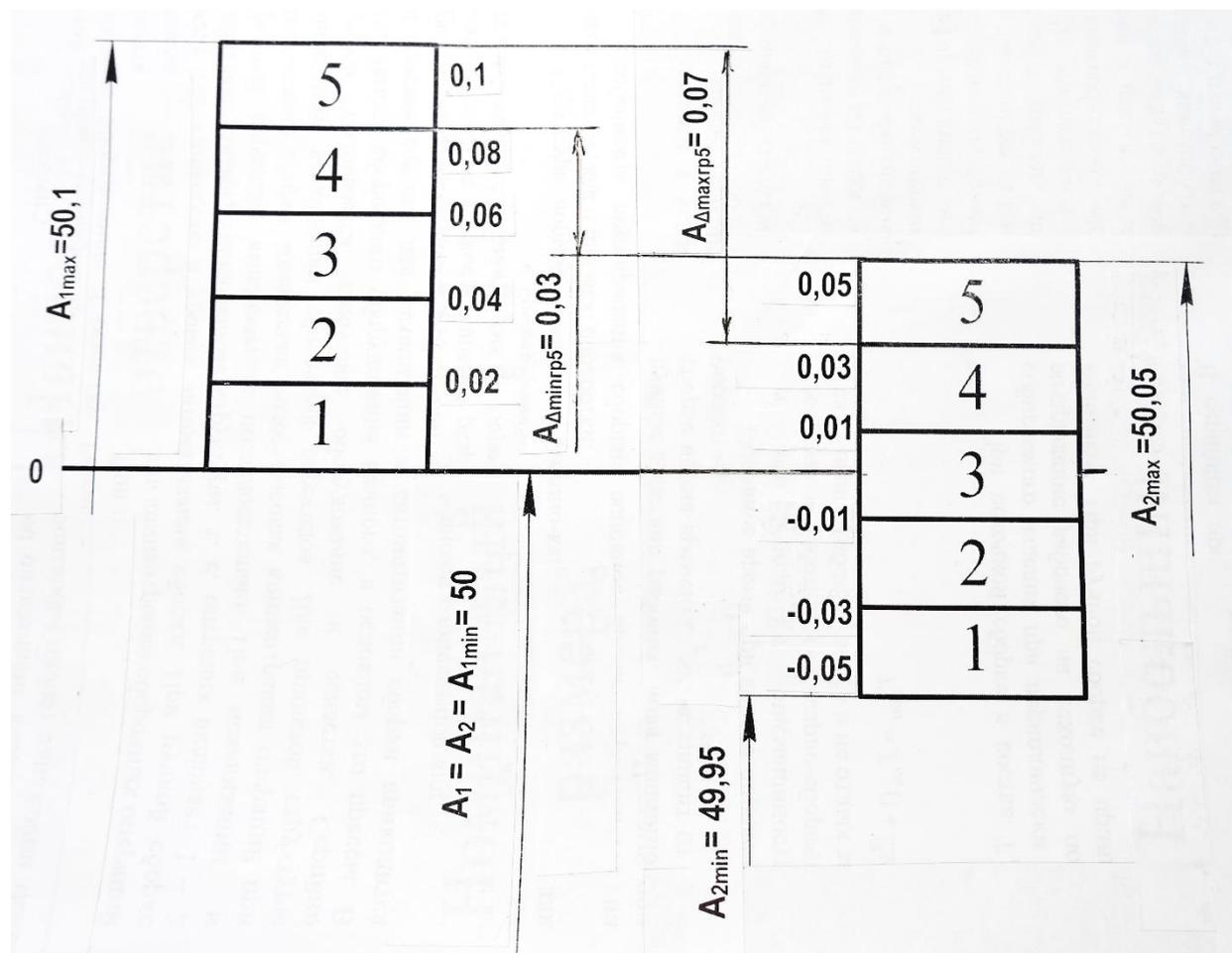


Рисунок 3 – Схема взаимного расположения интервалов расширенных и групповых допусков звеньев размерной цепи

## 5 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 5.1 Принцип включения составляющих звеньев сборочной размерной цепи в собираемые изделия при достижении точности сборки методом групповой взаимозаменяемости.
- 5.2 Принцип назначения расширенных допусков составляющих звеньев при достижении точности сборки методом групповой взаимозаменяемости.
- 5.3 Определение групповых допусков составляющих звеньев.
- 5.4 Организация сортировки составляющих звеньев на группы.
- 5.5 Соотношение допусков звеньев сборочной конструкторской размерной цепи, необходимое для достижения точности сборки методом групповой взаимозаменяемости.
- 5.6 Определение числа групп сортировки составляющих звеньев сборочной конструкторской размерной цепи по их допускам при достижении точности сборки методом групповой взаимозаменяемости.
- 5.7 Рекомендуемые значения числа групп сортировки.
- 5.8 Требование к допускам составляющих звеньев для эффективного использования метода групповой взаимозаменяемости.
- 5.9 Требование к законам распределения составляющих звеньев для эффективного использования метода групповой взаимозаменяемости.
- 5.10 Область рационального использования метода групповой взаимозаменяемости.

- 5.11 Определение суммы расширенных допусков увеличивающих составляющих звеньев сборочной конструкторской размерной цепи.
- 5.12 Определение суммы расширенных допусков уменьшающих составляющих звеньев сборочной конструкторской размерной цепи.
- 5.13 Определение средних отклонений составляющих звеньев (кроме одного корректируемого звена) сборочной конструкторской размерной цепи.
- 5.14 Определение средних значений составляющих звеньев (кроме одного корректируемого звена) сборочной конструкторской размерной цепи.
- 5.15 Определение среднего значения корректируемого звена сборочной конструкторской размерной цепи.
- 5.16 Определение среднего отклонения корректируемого звена сборочной конструкторской размерной цепи.
- 5.17 Определение верхнего и нижнего предельных отклонений составляющих звеньев сборочной конструкторской размерной цепи.
- 5.18 Определение предельных значений звеньев сборочной конструкторской размерной цепи.
- 5.19 Проверка правильности расчетов предельных значений всех звеньев сборочной конструкторской размерной цепи, найденных с учетом их расширенных допусков.
- 5.20 Определение предельных отклонений отдельного составляющего звена во всех группах сортировки.
- 5.21 Определение предельных значений отдельного составляющего звена во всех группах сортировки.
- 5.22 Проверка правильности расчетов предельных значений составляющих звеньев для первой и последней групп сортировки.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Маталин, А. А. Технология машиностроения: учебник / А. А. Маталин. – 5-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 512 с. : ил.
2. Солонин, И. С. Расчет сборочных и технологических размерных цепей / И. С. Солонин, С. И. Солонин. – М. : Машиностроение, 1980. – 110 с.
3. Проектирование технологических процессов сборки машин: учебник / под общ. ред. А. А. Жолобова. – Минск : Новое знание, 2005. – 410 с.
4. Замятин, В. К. Технология и оснащение сборочного производства машино-приборостроения: справочник / В. К. Замятин. – М. : Машиностроение, 1995. – 608 с.
5. Допуски и посадки: справочник: в 2 ч. / Палей М. А. [и др.]. – Ч. 2. – СПб. : Политехника, 2001. – 608 с.
6. Методические указания к практической работе «Выявление технологических размерных цепей и их расчет методом максимума-минимума и теоретико-вероятностным методом» по дисциплине «Основы технологии машиностроения» для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» / сост. О. А. Медведев. – Брест : БрГТУ, 2012. – 43 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Таблица 1 – Варианты исходных данных для практической работы

Номер варианта	Номинальный диаметр соединения, мм	Вид замыкающего звена	Номинальное значение замыкающего звена, мм	Предельные отклонения замыкающего звена, мм
1	20	зазор	0,05	$\pm 0,01$
2	110	натяг	0,4	$\pm 0,1$
3	25	зазор	0,04	$\pm 0,02$
4	105	натяг	0,3	$\pm 0,05$
5	30	зазор	0,1	$\pm 0,06$
6	100	натяг	0,06	$\pm 0,02$
7	35	зазор	0,05	$\pm 0,03$
8	95	натяг	0,1	$\pm 0,02$
9	40	зазор	0,15	$\pm 0,025$
10	90	натяг	0,2	$\pm 0,05$
11	45	зазор	0,03	$\pm 0,015$
12	85	натяг	0,15	$\pm 0,025$
13	50	зазор	0,07	$\pm 0,015$
14	80	натяг	0,08	$\pm 0,02$
15	55	зазор	0,04	$\pm 0,01$
16	75	натяг	0,1	$\pm 0,05$
17	60	зазор	0,06	$\pm 0,03$
18	70	натяг	0,05	$\pm 0,02$
19	65	зазор	0,08	$\pm 0,025$
20	16	натяг	0,02	$\pm 0,01$
21	24	зазор	0,03	$\pm 0,015$
22	18	натяг	0,04	$\pm 0,005$
23	36	зазор	0,016	$\pm 0,01$
24	48	натяг	0,025	$\pm 0,015$
25	120	зазор	0,2	$\pm 0,06$
26	10	натяг	0,03	$\pm 0,01$
27	135	зазор	0,5	$\pm 0,07$
28	72	натяг	0,025	$\pm 0,012$
29	98	зазор	0,035	$\pm 0,02$
30	12	натяг	0,015	$\pm 0,01$

Таблица 2 – Допуски линейных размеров до 500 мм (по ГОСТ 25346-2013)

Интервалы размеров, мм	Квалитеты													
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Допуски, мкм													
До 3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	1000	-
Св 3 до 6	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	1200	-
Св 6 до 10	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500	-
Св 10 до 18	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800	2700
Св 18 до 30	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100	3300
Св 30 до 50	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500	3900
Св 50 до 80	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000	4600
Св 80 до 120	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500	5400
Св 120 до 180	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300
Св 180 до 250	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600	7200
Св 250 до 315	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200	8100
Св 315 до 400	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700	8900
Св 400 до 500	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300	9700

Учебное издание

**Составитель:**  
*Медведев Олег Анатольевич*

# **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**к практической работе**

## **«ДОСТИЖЕНИЕ ТОЧНОСТИ СБОРКИ МАШИН МЕТОДОМ ГРУППОВОЙ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ»**

по дисциплине «Технология машиностроения»  
для студентов специальности 1-36 01 01  
«Технология машиностроения»

Ответственный за выпуск: Медведев О. А.  
Редактор: Митлошук М. А.  
Компьютерная вёрстка: Соколюк А. П.  
Корректор: Дударук С. А.

---

Подписано в печать 28.12.2023 г. Формат 60x84 1/16. Бумага «Performer».  
Гарнитура «Arial Narrow». Усл. печ. л. 1,16. Уч. изд. л. 1,25. Заказ № 1405. Тираж 18 экз.  
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный  
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 1/235 от 24.03.2014 г.

