

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Технология машиностроения»

ВЫБОР МЕТОДОВ СБОРКИ

Практикум
для студентов специальности
1-36 01 01 «Технология машиностроения»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию
в области машиностроительного оборудования и технологий*

Минск
БНТУ
2021

УДК 621.7/9:658.5(076.5)(075.8)

ББК 34.5я7

В92

С о с т а в и т е л и:

В. К. Шелег, Н. А. Сакович, С. Э. Крайко

Р е ц е н з е н т ы:

кафедра «Технология металлов» Белорусского государственного
аграрного технического университета;

зав. кафедрой, д-р техн. наук, профессор *В. М. Капцевич*;

д-р техн. наук, профессор *Л. М. Акулович*;

заместитель академика-секретаря Отделения физико-технических
наук Национальной академии наук Беларуси,

д-р техн. наук, профессор *М. Л. Хейфец*

Выбор методов сборки : практикум для студентов специаль-
ности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» / сост.: В. К. Шелег,
Н. А. Сакович, С. Э. Крайко. – Минск : БНТУ, 2021. – 44 с.
ISBN 978-985-583-234-9.

В практикуме рассматриваются вопросы выбора методов сборки сборочных еди-
ниц, обеспечения точности замыкающего звена размерной цепи методами полной,
неполной, групповой взаимозаменяемости, пригонкой и регулированием.

Практикум предназначен для студентов дневной и заочной форм получения
высшего образования специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения»,
а также может быть использован студентами других машиностроительных специаль-
ностей.

ББК 34.5я7

УДК 621.7/9:658.5(076.5)(075.8)

ISBN 978-985-583-234-9

© Белорусский национальный
технический университет, 2021

ВВЕДЕНИЕ

Практикум разработан в соответствии с типовой учебной программой дисциплины «Технология машиностроения» специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» и может быть использован студентами других машиностроительных специальностей высших учебных заведений.

Работы, включенные в практикум, посвящены обеспечению точности замыкающего звена размерной цепи методами полной, неполной, групповой взаимозаменяемости, пригонкой и регулированием, выявлению факторов, определяющих выбор методов сборки, освоению методов расчета сборочных размерных цепей и экспериментального определения требуемого размера замыкающего звена размерной цепи, а также его допуска.

Все лабораторные работы носят исследовательский характер и могут служить основой для выполнения студентами учебных исследовательских работ.

Лабораторные работы выполняются на специально оборудованных рабочих местах, предусматривающих применение металлорежущего оборудования, измерительных приборов и инструментов.

До начала выполнения лабораторных работ преподаватель проводит общий инструктаж по технике безопасности с обязательным оформлением протокола в специальном журнале. После этого студенты допускаются к выполнению лабораторных работ.

Все действия студентов по выполнению работы, связанные с использованием металлорежущего оборудования, приспособлений и приборов, производятся под наблюдением преподавателя и учебного мастера. Преподаватель контролирует ход выполнения работы и результаты экспериментов. Обработка полученных данных и составление отчета осуществляется после проверки преподавателем протокола измерений.

Особое внимание следует обратить на анализ полученных в работе результатов и формирование выводов.

В данном практикуме использованы материалы лабораторных работ и технологическая оснастка, описанные в «Лабораторном практикуме по технологии машиностроения» под редакцией В. В. Бабука, Минск, Высшэйшая школа, 1983 г.

Техника безопасности при выполнении лабораторных работ

1. До начала работы студенты должны ознакомиться с правилами по технике безопасности и пройти технический инструктаж.

2. Ознакомиться с заданием и лабораторным оборудованием, на котором предстоит выполнять работу.

3. Запрещается без разрешения преподавателя начинать выполнение работы.

4. Запрещается работать в лаборатории одному. Обязательное присутствие второго лица необходимо для оказания помощи работающему при несчастном случае.

5. После окончания работы необходимо обесточить станок и привести рабочее место в порядок.

Лабораторная работа № 1

Достижение точности сборки методами полной и неполной взаимозаменяемости

Цель работы: практическое освоение методов полной и неполной взаимозаменяемости путем выполнения необходимых расчетов, осуществления процессов сборки и контроля требуемой точности сборочных единиц.

Работа рассчитана на два академических часа.

Основные положения

Выбор метода сборки производится при разработке конструкции изделия, так как это связано с установлением допусков на составляющие звенья размерной цепи, а также применением в сборочных единицах определенных конструктивных элементов. При разработке технологического процесса сборки анализируется принятое конструктором решение с точки зрения возможности рационального применения выбранного метода достижения точности замыкающего звена в данных производственных условиях.

Размерной цепью называются расположенные по замкнутому контуру размеры, непосредственно влияющие на точность одного из размеров контура. Основными свойствами размерной цепи являются:

- а) замкнутость размерного контура;
- б) влияние отклонений одного размера на величину другого, входящего в данную размерную цепь.

Звеном размерной цепи называется размер, определяющий расстояние между поверхностями (осями) или их угловое расположение. Все звенья размерной цепи разделяются на составляющие и исходные или замыкающие.

Замыкающее или исходное звено – звено размерной цепи, являющееся исходным при постановке задачи или получающееся последним в процессе ее решения.

Исходным называется звено в тех случаях, когда с него начинается построение размерной цепи, при помощи которой решается поставленная задача.

Замыкающим называется звено, когда оно, включаясь последним при построении размерной цепи, соединяет поверхности или оси деталей, положение которых требуется обеспечить или измерить. Составляющие звенья – звенья размерной цепи за исключением замыкающего. Каждая размерная цепь состоит из одного исходного (замыкающего) звена и двух или более составляющих.

Составляющие звенья при расчетах размерных цепей удобно представлять в виде увеличивающих и уменьшающих звеньев.

Увеличивающим называется составляющее звено размерной цепи, с увеличением которого увеличивается замыкающее звено \overline{A}_i .

Уменьшающим называется составляющее звено, с увеличением которого уменьшается замыкающее звено \overline{A}_i .

ξ – коэффициент, характеризующий степень влияния размера и отклонения составляющего звена на размер, называется передаточным отношением.

Звеном-компенсатором условно называется звено, которое используется для компенсации ошибок составляющих звеньев с целью уменьшения погрешности замыкающего звена.

Отклонения в размерах деталей относятся к случайным величинам и имеют рассеяние, которое можно характеризовать величиной поля рассеяния и коэффициентом рассеяния λ .

Для закона нормального распределения $\lambda = 1/9$.

Для закона равнобедренного треугольника $\lambda = 1/6$.

Для закона равной вероятности $\lambda = 1/3$.

Сущность метода полной взаимозаменяемости

Это метод сборки сборочной единицы, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается

ся у всех объектов путем включения в нее составляющих звеньев без выбора, подбора или изменения их значений.

Использование этого метода экономично в условиях достижения высокой точности при малом числе звеньев размерной цепи и при достаточно большом числе изделий, подлежащих сборке. Рассчитываются короткие технологические сборочные размерные цепи с числом составляющих звеньев не более трех по принципу полной взаимозаменяемости на максимум-минимум.

В качестве примера можно привести сборку коробок скоростей автомобилей, когда все детали (зубчатые колеса, валики, рычаги, шарико- и роликоподшипники и т. д.) соединяются без какой-либо пригонки или подбора.

Нами рассматриваются размерные цепи с параллельными звеньями как наиболее часто встречающиеся.

При этом закон распределения размеров замыкающего звена тем ближе к закону нормального распределения, чем больше составляющих звеньев имеет размерная цепь. Вероятностный расчет размерных цепей обычно производится в случаях, когда распределение размеров замыкающего звена подчиняется закону нормального распределения независимо от законов распределения составляющих звеньев.

При механической обработке заготовок на настроенных станках распределение полученных размеров подчиняется закону нормального распределения при выдерживаемых допусках 9–12 кв. и грубее. При средней точности обработки (7–8 кв.) распределение соответствует закону Симпсона и при очень жестких допусках (5–6 кв.) – закону равной вероятности.

Сущность метода неполной взаимозаменяемости

Метод сборки сборочной единицы, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается у заранее обусловленной части объектов путем включения в нее составляющих звеньев без выбора, подбора или изменения их значений.

Основываясь на положениях теории вероятностей, на составляющие звенья размерной цепи назначаются расширенные допуски (метод дает возможность значительно расширить допуски на изготовление деталей по сравнению с методом полной взаимозаменяемости). При этом определенный процент деталей требует дополнительной механической обработки при сборке. Несмотря на это, рассматриваемый метод является экономически выгодным, т. к. изготовление деталей по расширенным допускам резко снижает трудоемкость механической обработки, что значительно перекрывает потери времени на дополнительные работы по исправлению небольшого процента забракованных собранных сборочных единиц.

Использование метода целесообразно для достижения точности замыкающего звена в многозвенных размерных цепях: допуски на составляющие звенья при этом больше, чем в предыдущем методе, что повышает экономичность получения сборочных единиц, у части сборочных единиц погрешность замыкающего звена может быть за пределами допуска на сборку, т. е. возможен определенный риск несобираемости.

При анализе методов достижения точности замыкающего звена при сборке используются следующие формулы:

Номинальные размеры замыкающего звена A_0 и составляющих A_i звеньев связаны между собой соотношением:

$$A_0 = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_i A_i, \quad (1.1)$$

где m – общее число звеньев в размерной цепи;

ξ – передаточное отношение, в общем случае $\xi = \frac{\partial A_0}{\partial A_i}$.

Для линейных размерных цепей с параллельными звеньями для увеличивающих составляющих звеньев передаточные отношения $\xi = +1$, для уменьшающих – $\xi = -1$. Формула расчета допуска замыкающего звена определяется в зависимости от

метода расчета. При расчете на максимум-минимум (полная взаимозаменяемость):

$$TA_0 = \sum_{i=1}^{m-1} TA_i. \quad (1.2)$$

При расчете по вероятностному методу (неполная взаимозаменяемость):

$$TA_0 = t_{\Delta} \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \xi_i^2 \lambda_i^2 T_i}, \quad (1.3)$$

где TA_0 – допуск замыкающего звена;

T_i – допуски составляющих звеньев;

t_{Δ} – коэффициент риска;

λ_i^2 – коэффициент относительного рассеивания.

Коэффициент t_{Δ} зависит от принятого процента риска и закона распределения параметра. При нормальном законе распределения параметра и совпадении центра группирования с координатой середины поля допуска коэффициент t_{Δ} выбирается из следующего ряда:

Процент риска P	32,0	10,0	4,50	1,00	0,27	0,10	0,01
Коэффициент t_{Δ}	1,00	1,65	2,00	2,57	3,00	3,29	3,89

Для нормального закона распределения (для изделий крупносерийного и массового производства) $\lambda_i^2 = 1/9$. При других законах распределения коэффициенты t_{Δ} , λ_i^2 следует выбирать из табл. 1.1 с учетом числа составляющих звеньев размерной цепи.

Таблица 1.1

Коэффициенты t_{Δ} и λ_i^2

Закон распределения отклонений	λ_i^2	t_{Δ} при числе составляющих звеньев $m - 1$				
		2	3	4	5	6
Симпсона (закон треугольника)	1/6	2,80	2,83	2,86	2,88	2,91
Закон равной вероятности	1/3	2,45	2,55	2,61	2,65	2,68

Для малозвенных цепей ($m < 6$) при наличии фактических данных о законе распределения значения коэффициента λ_i^2 приведены в справочной литературе.

При числе составляющих звеньев $m > 6$ независимо от закона распределения с достаточной степенью точности можно принять $t_{\Delta} = 3$. Если закон распределения звена неизвестен (для изделий мелкосерийного и единичного производства), то принимается закон равной вероятности.

Расположение полей допусков относительно номинальных размеров звеньев и предельные отклонения определяются независимо от метода расчета размерной цепи.

Координата середины поля допуска замыкающего звена $E_c A_0$ связана с координатами середин полей допусков составляющих звеньев $E_c A_i$ следующим уравнением:

$$E_c A_0 = \sum_{i=1}^{m-1} E_c A_i.$$

Методические указания

При расчетах размерных цепей различают прямую и обратную задачи. При решении прямой задачи исходя из установленных требований к замыкающему звену определяют характеристики составляющих звеньев: номинальные размеры, допуски, координаты их средин и предельные отклонения. При решении обратной задачи, наоборот, исходя из характеристик составляющих звеньев, определяют характеристики замыкающего звена. Обратная задача обычно носит проверочный характер. Решив ее, можно установить возможность применения заданного метода достижения точности замыкающего звена.

В данной лабораторной работе решается обратная (проверочная) задача: по допускам составляющих звеньев производится расчет допуска замыкающего звена заданными методами. Для выполнения работы студентам выдается 50 комплектов деталей, при сборке которых должна быть обеспечена заданная точность замыкающего звена A_0 (рис. 1.1).

Распределение действительных размеров комплектов деталей должно соответствовать закону Гаусса. В задании указывается числовое значение замыкающего звена A_0 с предельными отклонениями. Рекомендуется, например, принимать следующие значения A_0 : $0_{+0,20}^{+0,52}$, $0_{+0,17}^{+0,50}$, $0_{+0,07}^{+0,32}$, $0_{+0,17}^{+0,49}$, $0_{+0,20}^{+0,52}$ мм и др.

Измерение замыкающего звена A_0 производится на контрольном приспособлении (рис. 1.2), представляющем собой стойку 7 с индикатором 1, закрепленным в держателе 2. При измерении контролируемая сборочная единица 6 устанавливается своей шайбой 3 на базирующий столик 4. При этом кольцо 5 сборочной единицы помещается в паз базирующего столика. В результате все кольца и втулки сборочной единицы под действием веса провисают, образуя осевой зазор, измеряемый индикатором, ножка которого упирается в торец кольца 5. Приспособление предварительно настраивается по эталону на нулевое значение индикатора.

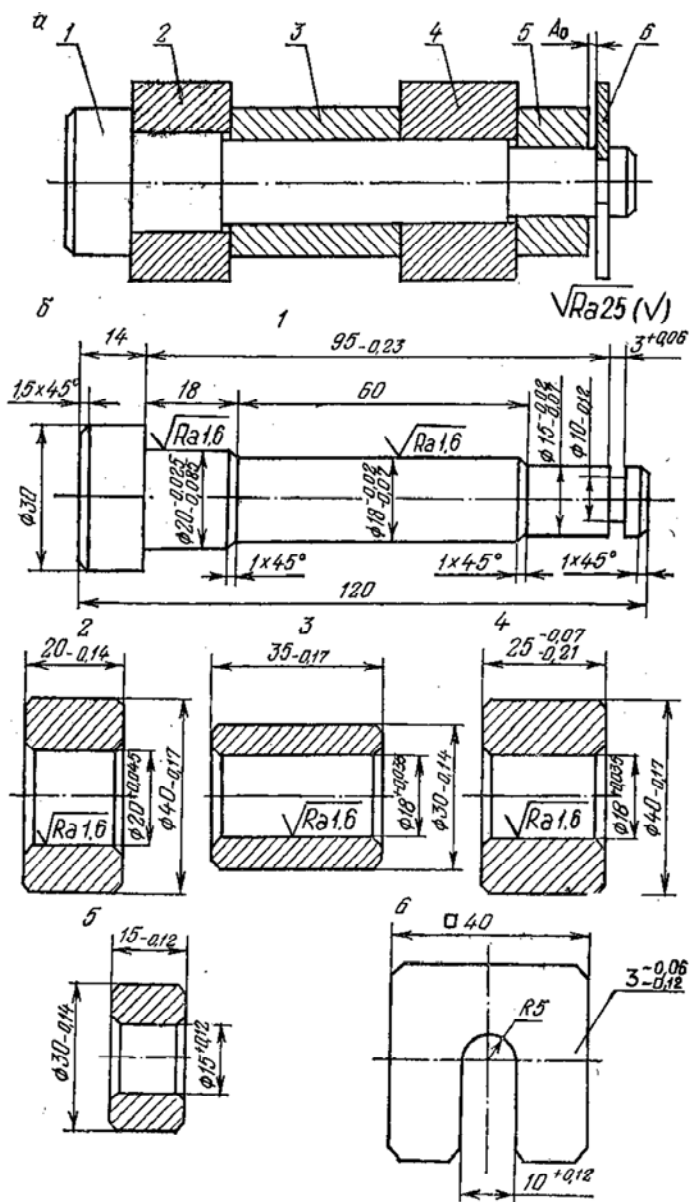


Рис. 1.1. Сборочная единица (а) и входящие в нее детали (б): 1 – ось; 2, 5 – кольца; 3, 4 – втулки; 6 – шайба быстросъемная

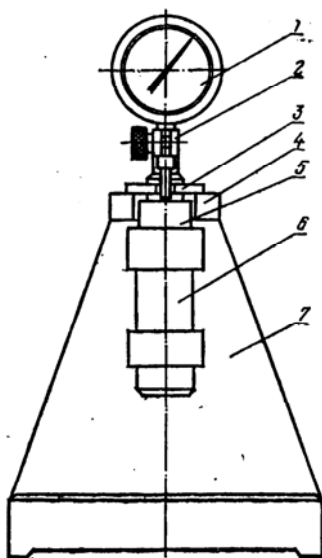


Рис. 1.2. Контрольное приспособление

Порядок выполнения работы

1. Для заданной сборочной единицы (рис. 1.1) определить замыкающее звено, координату его середины, допуск замыкающего звена.

2. Построить схему размерной цепи.

3. Выписать числовые значения номинальных размеров, допуски и координаты середины полей допусков составляющих звеньев, используя чертежи деталей, приведенные на рис. 1.1.

4. Составить уравнение номинальных размеров размерной цепи по формуле (1.1).

5. Проверить возможность обеспечения точности замыкающего звена по методу полной взаимозаменяемости (1.2).

6. Проверить возможность обеспечения точности замыкающего звена по методу неполной взаимозаменяемости (1.3).

7. Собрать сборочные единицы в количестве 50 комплектов без какого-либо подбора деталей или их пригонки.

8. Измерить замыкающие звенья собранных механизмов при помощи контрольного приспособления. Данные измерений занести в протокол (табл. 1.2).

9. Выявить сборочные единицы, в которых не обеспечивается заданный допуск замыкающего звена, определить требуемую поправку и выбрать сборочные единицы, при помощи которых можно исправить допущенный брак методом подбора деталей.

10. Разобрать дефектную и выбранную для подбора сборочную единицу, измерить ее составляющие звенья универсальными измерительными инструментами. Результаты измерений занести в табл. 1.3.

11. На основании анализа полученной таблицы наметить варианты сборки данных сборочных единиц методом подбора деталей.

12. Собрать сборочные единицы и произвести измерения их замыкающих звеньев при помощи контрольного приспособления.

13. Произвести разборку всех 50 комплектов сборочных единиц.

14. Проанализировать полученные результаты.

15. Составить отчет.

Пример. На основе размерного анализа установить метод сборки сборочной единицы (рис. 1.3), если осевой зазор, обусловленный служебным назначением, должен быть в пределах от 0 до 0,2 мм. Номинальные значения и допуски составляющих звеньев согласно заданию соответственно равны:

$$A_1 = 430^{+0,16} \text{ мм}, \quad A_2 = 80_{-0,06} \text{ мм}, \quad A_3 = 100_{-0,08} \text{ мм},$$

$$A_4 = 190_{-0,1} \text{ мм}, \quad A_5 = 60_{+0,07}^{+0,13} \text{ мм}.$$

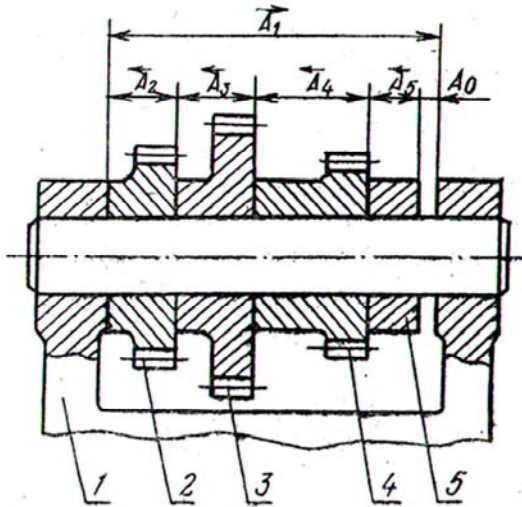


Рис. 1.3. Сборочная единица к примеру расчета:
 1 – корпус, 2–4 – зубчатые колеса, 5 – кольцо

На основании рассмотрения заданного механизма отмечаем, что замыкающим звеном является звено $A_0 = 0^{+0,2}$ с допуском $TA_0 = 0,2$ мм и координатой его середины $E_{CA_0} = +0,1$ мм.

Схема размерной цепи построена на рис. 1.3. Отмечаем стрелками, направленными вправо, увеличивающие и стрелками, направленными влево, уменьшающие звенья.

Выписываем допуски и координаты середин полей допусков составляющих звеньев:

$TA_1 = 0,16$	$E_{CA_1} = +0,08$	$TA_4 = 0,10$	$E_{CA_4} = -0,05$
$TA_2 = 0,06$	$E_{CA_2} = -0,03$	$TA_5 = 0,06$	$E_{CA_5} = +0,10$
$TA_3 = 0,08$	$E_{CA_3} = -0,04$		

Уравнение номинальных размеров размерной цепи, определяемое по формуле (1.1), в данном случае имеет вид:

$$A_0 = A_1 - A_2 - A_3 - A_4 - A_5.$$

Проверяем возможность обеспечения точности замыкающего звена по методу полной взаимозаменяемости (1.2):

$$TA_0 = 0,16 + 0,06 + 0,08 + 0,10 + 0,06 = 0,46 \text{ мм.}$$

Так как $0,46 \text{ мм} > 0,2 \text{ мм}$ (осевой зазор), то полная взаимозаменяемость при заданных допусках составляющих звеньев не обеспечивается. Чтобы обеспечить полную взаимозаменяемость, нужно уменьшить сумму допусков составляющих звеньев более чем в 2 раза. Это потребует дополнительных технологических операций при обработке деталей. Например, если торцы деталей 2, 3, 4 и 5 окончательно обрабатывать методом шлифования, выдерживая допуски $TA_2 = TA_5 = 0,02 \text{ мм}$, $TA_3 = 0,027 \text{ мм}$, $TA_4 = 0,03 \text{ мм}$, оставив прежним допуск на размер A_1 , то допуск замыкающего звена $TA_0 = 0,16 + 0,02 + 0,027 + 0,03 + 0,02 = 0,257 \text{ мм}$, что также не обеспечивает полной взаимозаменяемости и приводит к удорожанию механической обработки.

Проверим возможность обеспечения точности замыкающего звена по методу неполной взаимозаменяемости. Принимаем риск получения брака $P = 1 \%$, тогда коэффициент $t_\Delta = 2,57$. Полагая, что деталь обрабатывается на настроенных станках и распределение размеров подчиняется закону Гаусса, принимаем $\lambda_i^2 = 1/9$. Тогда допуск замыкающего звена, рассчитанный по формуле (1.3), составит:

$$TA_0 = 2,57 \sqrt{\frac{1}{9} (0,16^2 + 0,06^2 + 0,08^2 + 0,10^2 + 0,06^2)} = 0,19 \text{ мм,}$$

что меньше заданного по чертежу допуска замыкающего звена.

Проверяем расположение координаты середины поля допуска замыкающего звена по формуле (1.4):

$$E_{CA_0} = 0,08 - (-0,03) - (-0,04) - (-0,05) - 0,10 = +0,1 \text{ мм.}$$

Таким образом, при риске получения брака 1 % сборка данной сборочной единицы может быть осуществлена методом неполной взаимозаменяемости. Этот метод целесообразно применять при массовом и крупносерийном типах производств.

Произведем сборку сборочной единицы без какого-либо подбора или пригонки и измерим замыкающее звено A_0 , которое, согласно заданию, а также расчетам вероятностным методом, должно быть равно $0^{+0,2}$ мм.

Результаты измерений в виде отклонений ω_{A_0} от номинального значения A_0 записываем в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Протокол измерений замыкающего звена

Номер измерения	ω_{A_0}	Номер измерения	ω_{A_0}	Номер измерения	ω_{A_0}
1	2	3	4	5	6
1	0,09	18	0,07	35	0,09
2	0,04	19	0,13	36	0,06
3	0,10	20	0,09	37	0,12
4	0,13	21	0,16	38	0,08
5	0,07	22	0,05	39	0,18
6	0,01	23	0,09	40	0,11
7	0,08	24	0,26	41	0,04
8	0,15	25	0,11	42	0,08
9	0,05	26	0,06	43	0,11
10	0,10	27	0,09	44	0,15
11	0,14	28	0,02	45	0,10
12	0,05	29	0,07	46	0,14
13	0,11	30	0,12	47	0,06
14	0,03	31	0,10	48	0,08
15	0,08	32	0,15	49	0,03
16	0,09	33	0,10	50	0,07
17	0,12	34	0,06	51	0,09

Как видно из приведенных данных, все собранные сборочные единицы, за исключением одной (поз. 24), удовлетворяют заданной точности замыкающего звена. Сборочная единица 24 имеет отклонение $\omega = 0,26$ мм, что выходит за пределы поля допуска. Эту погрешность можно исключить путем соответствующего подбора по размерам собираемых деталей.

Определим поправку, которую нужно внести в размерную цепь:

$$\omega \geq 0,26 - 0,20 = 0,06 \text{ мм.}$$

Для исправления брака необходимо уменьшить на ω увеличивающее звено A_1 или увеличить на ω одно из уменьшающих звеньев размерной цепи путем замены в данной сборочной единице одной или двух деталей. При отсутствии дополнительных деталей с соответствующими размерами можно воспользоваться сборочной единицей, в которой зазор близок к нижнему пределу. Для этой цели можно взять сборочные единицы 6, 28, 49 и др. (табл. 1.2).

Произведем разборку следующих сборочных единиц: дефектной 24 и выбранной для подбора 6. Измерим размеры деталей, входящие в размерную цепь. Данные измерений запишем в левой части табл. 1.3. Суммирование отклонений при этом производим с учетом знаков составляющих звеньев размерной цепи.

Анализ таблицы показывает следующее. Для того чтобы замыкающие звенья обеих сборочных единиц удовлетворяли заданному требованию точности замыкающего звена, необходимо и достаточно поменять в них местами детали с размерами A_1 или детали с размерами A_4 (возможны и другие варианты). Поменяем местами детали с размерами A_4 . Получим сборочные единицы 24а и 6а, отклонения размеров которых заносим в правую часть табл. 1.3. Суммирование отклонений показывает, что обе новые сборочные единицы удовлетворяют требованиям точности замыкающего звена.

Подбор деталей при сборке

Обозначение звена	Отклонения от номинальных значений звеньев сборочных единиц с номером			
	24	6	24а	6а
$+A_1$	+0,13	+0,02	+0,13	+0,02
$-A_2$	-0,05	-0,04	-0,05	-0,04
$-A_3$	-0,07	-0,05	-0,07	-0,05
$-A_4$	-0,09	-0,02	-0,02	-0,09
$-A_5$	+0,08	+0,12	+0,08	+0,12
$+A_{\Delta}$	+0,26	+0,01	+0,19	+0,08

Собираем сборочные единицы 24а и 6а и проверяем правильность подбора деталей путем измерения замыкающего звена A_0 : для сборочной единицы 24а $\omega_{A_0} = 0,19$ мм; для 6а $\omega_{A_0} = 0,08$ мм, что соответствует расчету и удовлетворяет заданным требованиям.

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Содержание задания.
3. Чертеж сборочной единицы.
4. Схема размерной цепи.
5. Определение числовых значений номинальных размеров, допусков и координат середин полей допусков составляющих звеньев.
6. Наличие уравнения номинальных размеров размерной цепи.
7. Проверка возможности обеспечения точности замыкающего звена методами полной и неполной взаимозаменяемости.

8. Протокол измерений замыкающего звена (см. табл. 1.2) и его анализ.

9. Определение поправки ω и подбор деталей при сборке (см. табл. 1.3).

10. Контроль правильности подбора деталей при сборке.

Контрольные вопросы

1. Сущность способов достижения точности замыкающего звена методами полной и неполной взаимозаменяемости.

2. По каким формулам проверяется возможность обеспечения точности замыкающего звена методами полной и неполной взаимозаменяемости?

3. Какие факторы влияют на выбор коэффициентов t_{Δ} и λ_i^2 ?

4. Каким уравнением связаны координаты середин полей допусков замыкающего и составляющих звеньев?

Лабораторная работа № 2

Достижение точности сборки методами пригонки и регулирования

Цель работы: практическое освоение методов пригонки и регулирования путем выполнения необходимых размерных расчетов, осуществления процессов сборки и контроля требуемой точности сборочной единицы.

Работа рассчитана на два академических часа.

Основные положения

Метод пригонки – это метод сборки сборочной единицы, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается изменением размера компенсирующего звена путем удаления с компенсатора определенного слоя материала. Используется при сборке сборочных единиц с большим числом звеньев, детали могут быть с экономичными допусками, но требуются дополнительные затраты на пригонку компенсатора.

Метод регулирования – это метод сборки сборочной единицы, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается изменением размера или положения компенсирующего звена без удаления слоя материала с него. Аналогичен методу пригонки, но имеет большое преимущество в том, что при сборке не требуется выполнять дополнительные работы со снятием слоя материала, обеспечивая высокую точность, и дает возможность периодически ее восстанавливать при эксплуатации машин.

При методе пригонки наибольшая возможная компенсация T_k и поправка $E_{ск}$ к координате середины поля допуска компенсирующего звена определяются по формулам:

$$T_k = T'A_0 - TA_0; \quad (2.1)$$

$$E_{\text{ск}} = \frac{T_{\text{к}}}{2} + \sum_{i=1}^{m-1} \xi_i E_{\text{с}} A_i - E_{\text{с}} A_0, \quad (2.2)$$

где $T'A_0$ – возможный допуск замыкающего звена, получаемый по методу максимум-минимум при назначении экономически достижимых допусков на все составляющие звенья;

TA_0 – допуск замыкающего звена, определяемый поставленной задачей;

ξ – коэффициент, характеризующий степень влияния размера и отклонения составляющего звена на размер (передаточное отношение);

$E_{\text{с}}A_0$ – координата середины поля допуска замыкающего звена;

A_i – номинальные размеры составляющих звеньев размерной цепи.

При методе регулирования число ступеней неподвижного компенсатора (N) пренебрежительно мало по сравнению с допуском замыкающего звена, определяется из выражения

$$N = \frac{T'A_0}{TA_0} \quad (2.3)$$

или

$$N = \frac{T_{\text{к}}}{TA_0} + 1.$$

Число ступеней неподвижного компенсатора с учетом погрешностей компенсаторов $T_{\text{ком}}$ определяется из выражения

$$N = \frac{T'A_0}{TA_0 - T_{\text{ком}}}. \quad (2.4)$$

Поправка к координате середины поля допуска составляющего звена при условии совмещения нижних границ допусков замыкающих звеньев определяется:

$$E'_{ск} = \frac{T_k}{2} - E'_c A_0 + E_c A_0, \quad (2.5)$$

где $E'_c A_0$ – координата середины поля допуска $T'A_0$ замыкающего звена;

$E_c A_0$ – координата середины поля допуска $T'A_0$ замыкающего звена.

Степень компенсации (C) определяется:

$$C = TA_0 - T_{ком}. \quad (2.6)$$

Предельные отклонения размера любого звена размерной цепи определяются по формулам:

$$ESA_i = E_c A_i + \frac{TA_i}{2}; \quad (2.7)$$

$$EIA_i = E_c A_i - \frac{TA_i}{2}, \quad (2.8)$$

где ESA_i , EIA_i – верхнее и нижнее предельные отклонения звена размерной цепи;

$E_c A_i$ – координата середины поля допуска звена;

TA_i – допуск звена.

Методические указания

В работе производится проверка возможности обеспечения точности замыкающего звена методами пригонки и регулирования.

Задание. При сборке сборочной единицы (рис. 1.1, а) методами пригонки и регулирования необходимо обеспечить одно из следующих числовых значений замыкающего звена A_0 : $0^{+0,20}$, $0^{+0,16}$, $0^{+0,07}$, используя те же методы и средства измерения, что и в лабораторной работе № 1. Закон распределения действительных размеров деталей неизвестен. Для выполнения задания студентам выдается 5 комплектов деталей, при сборке которых должна быть обеспечена заданная точность замыкающего звена A_0 с помощью неподвижного компенсатора (рис. 2.1).

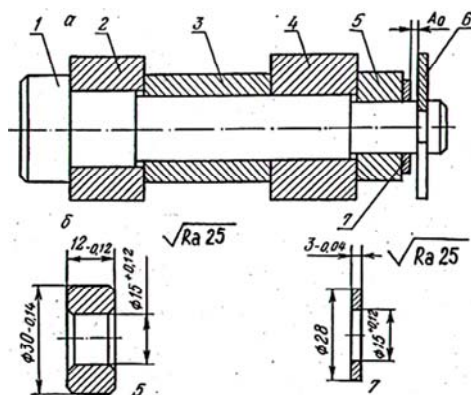


Рис. 2.1. Сборочная единица (а) с неподвижным компенсатором и входящие в нее детали (б):
 1 – ось; 2, 5 – кольца; 3, 4 – втулки;
 б – шайба быстросъемная; 7 – компенсатор

Порядок выполнения работы

1. Построить схему размерной цепи сборочной единицы (рис. 1.1, а) и выбрать компенсирующее звено для метода пригонки.
2. Определить наибольшее значение компенсации (2.1), поправку к координате середины поля допуска (2.2) и предельные отклонения компенсирующего звена (2.7), (2.8).

3. Построить схему размерной цепи сборочной единицы (рис. 1.1, *a*) с использованием неподвижного компенсатора (см. рис. 2.1). Составить уравнение номинальных размеров размерной цепи (1.1).

4. Определить допуск замыкающего звена по методу максимума-минимума для сборочной единицы с неподвижным компенсатором (1.2). Определить наибольшее значение компенсации и число ступеней компенсатора (2.1), (2.3), степень компенсации (2.6).

5. Определить поправку к координате середины поля допуска компенсирующего звена (2.2), предельные отклонения всех ступеней компенсаторов (2.7), (2.8).

6. Собрать пять комплектов сборочных единиц с использованием неподвижных компенсаторов.

7. Измерить замыкающие звенья собранных сборочных единиц при помощи контрольного приспособления (рис. 1.2). Результаты измерений записать.

8. Составить отчет.

Пример 1. При обеспечении точности сборки механизма (рис. 1.3) в качестве компенсирующего звена может быть выбрано звено $A_{5к}$ (рис. 2.2).

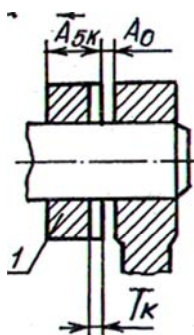


Рис. 2.2. Достижение точности замыкающего звена методом пригонки

Достижение требуемой точности замыкающего звена в этом случае производится за счет пригонки детали 5 по месту, например путем шлифования ее по торцу.

Наибольшее значение компенсации определяем по формуле (2.1):

$$T_k = 0,46 - 0,20 = 0,26 \text{ мм.}$$

Поправка к значению координаты середины поля допуска компенсирующего звена определяется по формуле (2.2):

$$E_{\text{ск}} = \frac{0,26}{2} + (0,08 + 0,03 + 0,04 + 0,05 - 0,10) - 0,10 = 0,13 \text{ мм.}$$

Тогда координата середины поля допуска компенсирующего звена с учетом поправки определяется:

$$E'_c A_5 = E_c A_5 + E_{\text{ск}} = 0,10 + 0,13 = 0,23 \text{ мм.}$$

Предельные отклонения компенсирующего звена получим расчетом по формулам (2.7) и (2.8):

$$ES'A_5 = 0,23 + \frac{0,06}{2} = 0,26 \text{ мм.}$$

$$EI'A_5 = 0,23 - \frac{0,06}{2} = 0,20 \text{ мм.}$$

Окончательно получим $A_{5\text{к}} = 60^{+0,26}_{+0,20}$ мм.

Пример 2. При использовании метода регулирования для достижения точности сборки этого же механизма в качестве компенсирующего звена может быть принято звено $A_{6к}$ (рис. 2.3).

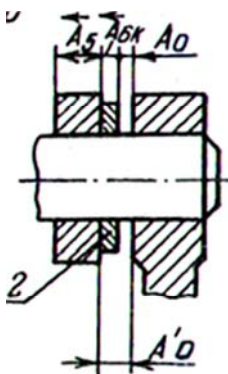


Рис. 2.3. Достижение точности замыкающего звена методом регулирования: 2 – компенсатор

В данном случае в конструкции предусмотрено применение неподвижного компенсатора с размерами $A_{6к} = 2$ мм с допуском $TA_{6к} = 0,02$ мм. Для упрощения примера значения размеров и допусков замыкающего и всех составляющих звеньев сохранены прежними за исключением номинального значения звена $A_5 = 58$ мм. Строим схему размерной цепи. Уравнение размерной цепи в данном случае будет следующим:

$$A_{\Delta} = A_1 - A_2 - A_3 - A_4 - A_5 - A_{6к}.$$

Тогда допуск замыкающего звена ($T'A_0$) при расчете по формуле (1.2) на максимум-минимум определяется:

$$T'A_0 = 0,16 + 0,06 + 0,08 + 0,10 + 0,06 + 0,02 = 0,48 \text{ мм.}$$

Наибольшая возможная компенсация определяется по формуле (2.1):

$$T_k = 0,48 - 0,20 = 0,28 \text{ мм.}$$

Число ступеней компенсатора определяется по формуле (2.3). Результат округляем до целого числа в большую сторону:

$$N = \frac{T'A_0}{TA_0 - T_{\text{КОМ}}} = \frac{0,48}{0,20 - 0,02} = 2,67 = 3.$$

По условию примера координата середины заданного поля допуска замыкающего звена $E_c A_0 = +0,1$ мм. Определим координату середины расширенного поля допуска замыкающего звена. Для этого необходимо условно принять $E_c A_k = 0$. Тогда

$$\begin{aligned} E'_c A_0 &= \sum_{i=1}^{m-1} \xi_i E_c A_i = \\ &= 0,08 - (-0,03) - (-0,04) - (-0,05) - (+0,10) - 0 = +0,1 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Поправка к координате середины поля допуска компенсирующего звена определяется по формуле (2.5):

$$E'_{\text{СК}} = \frac{T_k}{2} - E'_c A_0 + E_c A_0 = \frac{0,28}{2} - 0,1 + 0,1 = +0,14 \text{ мм.}$$

Так как компенсирующее звено является уменьшающим, то поправку $E'_{\text{СК}}$ учитываем с обратным знаком. Поэтому координата середины поля допуска первой ступени компенсирующего звена будет равна:

$$(E'_c A_k)^I = 0 - 0,14 = -0,14 \text{ мм.}$$

Координаты середины полей допусков каждой последующей ступени будут отличаться от координат середин полей допусков предшествующих ступеней на ступень компенсации, определяемую по формуле (2.6):

$$C = 0,2 - 0,02 = 0,18 \text{ мм},$$

тогда

$$(E'_c A'_k)^{\text{II}} = (E'_c A'_k)^{\text{I}} + C = -0,14 + 0,18 = +0,04 \text{ мм};$$

$$(E'_c A'_k)^{\text{III}} = (E'_c A'_k)^{\text{I}} + 2C = -0,14 + 2 \cdot 0,18 = +0,22 \text{ мм}.$$

Используя формулы (2.7) и (2.8), окончательно получим значения предельных отклонений ступеней компенсатора:

$$\text{I ступень} - 2_{-0,15}^{-0,13} \text{ мм};$$

$$\text{II ступень} - 2_{+0,03}^{+0,05} \text{ мм};$$

$$\text{III ступень} - 2_{+0,21}^{+0,23} \text{ мм}.$$

Соберем пять одноименных сборочных единиц. При этом обеспечим точность замыкающего звена $A_0 = 0^{+0,2}$ мм методом регулирования с использованием неподвижного компенсатора. Сборку производим в следующем порядке:

1. Предварительно собираем сборочную единицу без компенсатора.

2. Измеряем полученный зазор A'_0 (рис. 2.3) при помощи контрольного приспособления (рис. 1.2).

3. Ориентируясь на измеренное значение A'_0 , выбираем компенсатор требуемой ступени и определяем расчетное значение замыкающего звена при использовании этой ступени компенсатора:

$$A_{0\text{расч}} = A'_0 - A_{6к}^N,$$

где $A_{6к}^N$ – размер N -й ступени компенсатора с указанием предельных отклонений.

4. Устанавливаем компенсатор и окончательно собираем сборочную единицу.

5. Измеряем замыкающее звено при помощи контрольного приспособления.

Данные измерений, расчета и выбора ступени компенсатора заносим в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Выбор ступени компенсатора

Номер сборочной единицы	A'_0	Ступень компенсатора	$A_{0\text{расч}}$	$A_{0\text{изм}}$
1	2,15	II	0,10–0,12	0,11
2	1,91	I	0,04–0,06	0,06
3	2,38	III	0,15–0,17	0,15
4	2,22	II	0,17–0,19	0,18
5	1,99	I	0,12–0,14	0,12

Например, у сборочной единицы 1 измеренное значение зазора $A'_0 = 2,15$ мм. Выбираем ту ступень компенсатора, которая имеет ближайшее значение размера, т. е. II ступень с размером $A_{6к}^{\text{II}} = 2_{+0,03}^{+0,05}$ мм.

Расчетное значение замыкающего звена определяется:

$$A_{0\text{расч}} = 2,15 - 2_{+0,03}^{+0,05} = 0,10...0,12 \text{ мм},$$

что лежит в требуемых пределах $0 < 0,10...0,12 < 0,2$.

Для сборочной единицы 2 ($A'_0 = 1,91$ мм) ближайшее меньшее значение размера имеет I ступень компенсатора. Тогда расчетное значение замыкающего звена:

$$A_{0\text{расч}} = 1,91 - 2_{-0,15}^{-0,13} = 0,04 \dots 0,06 \text{ мм и т. д.}$$

Контрольные измерения зазора $A_{0\text{изм}}$ подтверждают правильность выбора ступеней компенсатора и обеспечение требуемой точности замыкающего звена (табл. 2.1).

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Содержание задания.
3. Эскиз сборочной единицы.
4. Схема размерной цепи.
5. Определение наибольшего значения компенсации, поправки к координате середины поля допуска, предельных отклонений компенсирующего звена.
6. Схема размерной цепи сборочной единицы с неподвижным компенсатором.
7. Расчет ступеней компенсатора.
8. Выбор ступеней компенсатора для пяти сборочных единиц и проверка обеспечения заданного допуска замыкающего звена (табл. 2.1).
9. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Сущность методов пригонки и регулирования в достижении точности замыкающего звена.
2. Как определить наибольшее значение компенсации при использовании методов пригонки и регулирования?
3. Как определить число ступеней неподвижного компенсатора?
4. Как определить размер ступени компенсации?

Лабораторная работа № 3

Достижение точности сборки методом групповой взаимозаменяемости

Цель работы: практическое освоение метода групповой взаимозаменяемости путем выполнения необходимых размерных расчетов, рассортировки деталей на группы и сборки их в сборочные единицы.

Работа рассчитана на два академических часа.

Основные положения

При достижении точности по методу групповой взаимозаменяемости требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается путем включения в размерную цепь составляющих звеньев, принадлежащих к общей группе предварительно измеренных и рассортированных деталей. В этом случае детали изделия обрабатываются по расширенным, а также экономически достижимым производственным допускам и сортируются по их размерам на группы с таким расчетом, чтобы при соединении деталей, входящих в определенные группы, было обеспечено достижение установленного конструктором допуска замыкающего звена и гарантирована требуемая точность сборочного соединения. Метод применяется, главным образом, для размерных цепей, состоящих из небольшого числа звеньев (обычно трех, иногда четырех) для сборочных соединений особо высокой точности, практически недостижимой методом полной взаимозаменяемости (шариковые подшипники, плунжерные пары, поршневой палец и т. д).

Сборка по методу групповой взаимозаменяемости носит название селективной сборки (или сборки по методу подбора).

Метод групповой взаимозаменяемости позволяет повысить точность сборки без существенного повышения требований к точности механической обработки деталей или расширить допуски на механическую обработку без снижения точности

сборки. В ряде случаев сборки высокоточных соединений метод групповой взаимозаменяемости является единственно возможным.

Для осуществления нормальной и ритмичной сборки необходимо ее непрерывное обеспечение достаточным количеством собираемых деталей в каждой группе. В связи с этим организация селективной сборки реально осуществима только в условиях крупносерийного и массового производств. При этом важно, чтобы внутри каждой группы было обеспечено одинаковое количество валов и отверстий. Это может быть достигнуто только при условии одинаковых законов распределения размеров комплектующих деталей с симметричным распределением размеров или с одинаковым распределением асимметрии. В противном случае на сборочном месте скапливается большое число деталей разных групп, не комплектующихся друг с другом. Это приводит к нарушению ритма сборки и требует увеличения запасов деталей в сборочных цехах.

Основным условием осуществления метода групповой взаимозаменяемости является равенство сумм допусков увеличивающих и уменьшающих звеньев размерной цепи:

$$\sum_{i=1}^k |\xi_i| T\bar{A}_i = \sum_{k+1}^{m-1} |\xi_i| T\bar{A}_i, \quad (3.1)$$

где $T\bar{A}_i$ и $T\bar{A}_i$ – допуски увеличивающих и уменьшающих звеньев соответственно;

k – число увеличивающих звеньев;

ξ_i – коэффициент, характеризующий степень влияния размера и отклонения составляющего звена на размер, называется передаточным отношением;

m – число звеньев размерной цепи.

Поле допуска на зазор определяется по формуле

$$TA_0 = S_{\max} - S_{\min}, \quad (3.2)$$

где S_{\max} – максимальный зазор в соединении «вал – втулка»;
 S_{\min} – минимальный зазор в соединении «вал – втулка».

Координата середины поля допуска замыкающего звена определяется по формуле

$$E_c A_0 = E_c A_1 - E_c A_2, \quad (3.3)$$

где $E_c A_1$ – координата середины поля допуска звена A_1 ;

$E_c A_2$ – координата середины поля допуска звена A_2 .

Расширенный допуск замыкающего звена определяется по формуле

$$T'A_0 = \sum_{i=1}^{m-1} |\xi_i| T'A_i. \quad (3.4)$$

Число групп, на которые рассортировываются детали, определяется по формуле

$$n = \frac{T'A_0}{TA_0}. \quad (3.5)$$

Допуски составляющих звеньев в группе деталей:

$$TA_i = \frac{T'A_i}{n}, \quad (3.6)$$

где $T'A_i$ – производственный допуск составляющего звена размерной цепи.

Предельные отклонения размера любого звена размерной цепи определяются по формулам:

$$ESA_i = E_c A_i + \frac{TA_i}{2}; \quad (3.7)$$

$$EIA_i = E_c A_i - \frac{TA_i}{2}, \quad (3.8)$$

где ESA_i , EIA_i – верхнее и нижнее предельные отклонения звена размерной цепи;

$E_c A_i$ – координата середины поля допуска звена;

TA_i – допуск звена.

Методические указания

В данной работе определяется число групп, на которые следует рассортировать сопрягаемые детали, допуски и предельные отклонения размеров деталей в каждой группе, производится рассортировка деталей на группы, сборка их и контроль точности замыкающего звена в каждой сборочной единице.

Для выполнения работы студентам выдается комплект деталей, состоящий из 12...15 сопрягаемых пар вал – втулка (рис. 3.1). В задании указываются предельные значения зазора S_{\max} и S_{\min} , который надо обеспечить при сборке соединения, номинальные диаметры вала d и втулки D , а также производственные допуски на обработку сопрягаемых поверхностей.

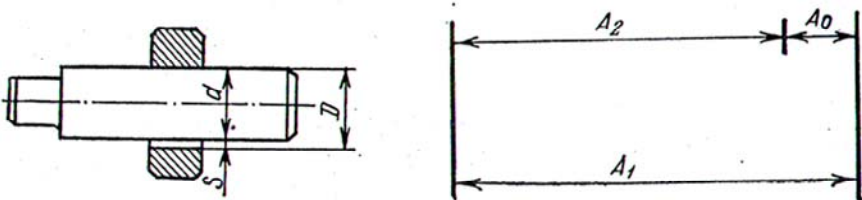


Рис. 3.1. Сборочная единица «вал – втулка»
и схема размерной цепи сборочной единицы

Схема приспособления для измерения предельных отклонений зазора в сборочной единице приведена на рис. 3.2.

Например:

Вариант 1.

Обеспечить зазор при сборке сборочной единицы в пределах от $S_{\max} = 0,355$ мм до $S_{\min} = 0,305$ мм, $d = D = 16$ мм.

Производственный допуск на обработку сопрягаемых деталей – 0,1 мм, т. е. $T_d = T_D = 0,1$ мм. Значения координат середин полей допусков (например звена A_1) по группам деталей:

I. $E_c A_1 = 0,3175$ мм

III. $E_c A_1 = 0,2675$ мм

II. $E_c A_1 = 0,2925$ мм

IV. $E_c A_1 = 0,2425$ мм

Вариант 2.

Обеспечить зазор при сборке сборочной единицы в пределах от $S_{\max} = 0,035$ мм до $S_{\min} = 0,005$ мм, $d = D = 20$ мм.

Производственный допуск на обработку сопрягаемых деталей – 0,06 мм, т. е. $T_d = T_D = 0,06$ мм. Значения координат середин полей допусков (например звена A_1) по группам деталей:

I. $E_c A_1 = 0,01$ мм

III. $E_c A_1 = 0,040$ мм

II. $E_c A_1 = 0,025$ мм

IV. $E_c A_1 = 0,055$ мм

Далее при выполнении работы необходимо рассортировать валы и втулки по фактическим размерам (см. маркировку на деталях) в пределах допусков для каждой группы согласно табл. 3.1 и разложить их в отдельные ящики; затем произвести сборку соединений вал – втулка и уложить полученные сборочные единицы на призматическую подставку. После этого сборочные единицы поочередно устанавливаются и закрепляются в специальном контрольном приспособлении (рис. 3.2), где с помощью индикатора проверяется фактический зазор в соединении. Если измеренный зазор соответствует заданному, то расчет допусков, рассортировка и сборка деталей по группам осуществлены правильно. Путем аналогичных измерений рекомендуется также убедиться, что при сборке соединений без рассортировки деталей на группы требуемая точность зазора не обеспечивается.

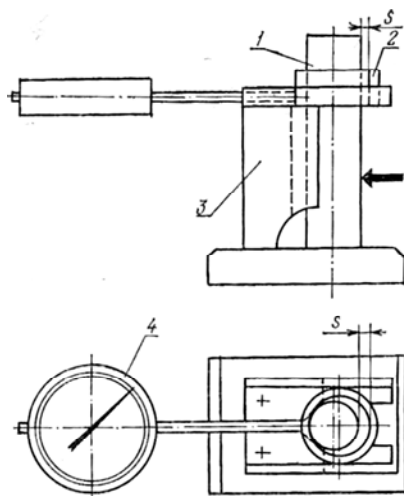


Рис. 3.2. Схема приспособления для измерения зазора в сборочной единице:
 1 – вал; 2 – втулка; 3 – призма; 4 – индикатор

Порядок выполнения работы

1. Начертить эскиз сборочной единицы и схему размерной цепи.
2. Определить характеристики замыкающего звена: номинальное значение, поле допуска и координату его середины по формулам (3.2), (3.3).
3. Определить производственный (расширенный) допуск замыкающего звена методом максимума-минимума (3.4) и число групп рассортировки деталей (3.5).
4. Определить допуски составляющих звеньев в группах деталей (3.6) и координаты середин полей допусков составляющих звеньев по группам деталей, предельное отклонение размеров звеньев размерной цепи по формулам (3.7), (3.8).
5. Составить итоговую таблицу расчетов (см. табл. 3.1).
6. Рассортировать валы и втулки по фактическим размерам в пределах допусков каждой группы. Разложить каждую

группу валов и втулок по своим ящикам. Собрать соединения вал – втулка по группам и уложить их на призматическую подставку.

7. Измерить действительные зазоры во всех сборочных единицах каждой группы. Результаты измерений записать в таблицу.

8. Составить отчет.

9. Разобрать все сборочные единицы и уложить детали в ящики.

Пример. В сборочной единице, приведенной на рис. 3.1, требуется обеспечить зазор в пределах от $S_{\max} = 0,045$ мм до $S_{\min} = 0,005$ мм, $d = D = 25$ мм; производственные допуски на обработку сопрягаемых поверхностей $T_d = T_D = 0,06$ мм.

При решении задачи отметим, что зазор является замыкающим звеном размерной цепи, номинальное значение которого $A_0 = 0$.

Исходя из заданных предельных значений зазора определим поле допуска TA_0 на зазор и координату его середины $E_c A_0$:

$$TA_0 = S_{\max} - S_{\min} = 0,045 - 0,005 = 0,040 \text{ мм};$$

$$E_c A_0 = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2} = \frac{0,045 + 0,005}{2} = 0,025 \text{ мм}.$$

Построим схему размерной цепи, в которой составляющими звеньями являются: $A_1 = D = 25$ мм, $A_2 = d = 25$ мм (см. рис. 3.2).

Расширенный допуск замыкающего звена определяем на основе производственных допусков составляющих звеньев из выражения:

$$T'A_0 = \sum_{i=1}^{m-1} |\xi_i| T'A_i = 0,06 + 0,06 = 0,12 \text{ мм}.$$

Число групп, на которые следует рассортировать собираемые детали, определяем по формуле (3.2):

$$n = \frac{0,12}{0,04} = 3.$$

В каждой группе деталей допуски замыкающего и составляющих звеньев размерной цепи также должны удовлетворять уравнению (3.2). Среднее значение допуска составляющих звеньев:

$$TA_{\text{cp}} = \frac{TA_0}{\sum_{i=1}^{m-1} |\xi_i|}.$$

В нашем примере при $|\xi| = 1$

$$TA_{\text{cp}} = \frac{TA_0}{m-1} = \frac{0,04}{3-1} = 0,02 \text{ мм.}$$

Кроме того, в группах деталей для допусков составляющих звеньев должно соблюдаться условие равенства сумм допусков увеличивающих и уменьшающих звеньев (3.1). Так как звено A_1 является увеличивающим, а звено A_2 – уменьшающим, то

$$TA_1 = TA_2 = TA_{\text{cp}} = 0,02 \text{ мм.}$$

Этот же результат можно получить из формулы (3.3):

$$TA_i = \frac{0,06}{3} = 0,02 \text{ мм.}$$

При назначении координат средин полей допусков используем уравнение (3.4). В нашем случае:

$$E_c A_0 = E_c A_1 - E_c A_2.$$

Полученное уравнение имеет два неизвестных ($E_c A_1$ и $E_c A_2$). Поэтому для его решения принимаем следующие значения координат средин полей допусков для одного из составляющих звеньев (например для A_1) по группам деталей:

I. $E_c A_1 = 0,01$ мм.

II. $E_c A_1 = 0,03$ мм.

III. $E_c A_1 = 0,05$ мм.

Координата середины поля допуска замыкающего звена сохраняется для всех групп деталей, т. е. $E_c A_0 = +0,025$ мм.

Используя эти данные, определяем координаты средин полей допусков звена A_2 по группам деталей:

I. $E_c A_2 = E_c A_1 - E_c A_0 = 0,01 - 0,025 = -0,015$ мм.

II. $E_c A_2 = 0,03 - 0,025 = +0,005$ мм.

III. $E_c A_2 = 0,05 - 0,025 = +0,025$ мм.

Предельные отклонения составляющих звеньев определяем по формулам (3.5) и (3.6). Для звена A_1 первой группы деталей:

$$ESA_i = E_c A_i + \frac{TA_i}{2} = 0,01 + \frac{0,02}{2} = 0,02 \text{ мм.}$$

$$EIA_i = E_c A_i - \frac{TA_i}{2} = 0,01 - \frac{0,02}{2} = 0 \text{ мм.}$$

и т. д. для каждого звена и группы деталей. Результаты расчетов сводим в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Поля допусков, координаты их середин
и предельные отклонения размеров (мм)

Группа деталей	Втулка			Вал			Зазор	
	TA_1	$E_c A_1$	предельные отклонения	TA_2	$E_c A_2$	предельные отклонения	TA_0	$E_c A_0$
1	0,02	+0,01	+0,02	0,02	-0,015	-0,005	0,04	+0,025
			0			-0,025		
2	0,02	+0,03	+0,04	0,02	+0,005	+0,015	0,04	+0,025
			+0,02			-0,005		
3	0,02	+0,05	+0,06	0,02	+0,025	+0,035	0,04	+0,025
			+0,04			+0,015		

Анализ значений предельных отклонений диаметров вала и втулки показывает, что во всех группах деталей заданные пределы зазора полностью обеспечиваются. Таким образом, в результате осуществления метода групповой взаимозаменяемости при изготовлении сопрягаемых деталей по производственным (расширенным в три раза) допускам обеспечивается точность зазора в пределах допуска $TA_0 = 0,04$ мм. При сборке этих же деталей без рассортировки их на группы точность зазора может быть обеспечена лишь в пределах допуска $T'A_0 = 0,12$ мм.

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Содержание задания и необходимая оснастка.
3. Эскиз сборочной единицы.
4. Схема размерной цепи.
5. Содержание расчетов (расчетные формулы по методике работы).
6. Итоговая таблица расчетов (см. табл. 3.2).

7. Таблица результатов измерения действительного зазора в сборочных единицах.

8. Выводы.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается сущность метода групповой взаимозаменяемости?

2. Как определить число групп рассортировки деталей?

3. Как определить допуски деталей по каждой группе?

4. Какому уравнению должны удовлетворять допуски замыкающего и составляющих звеньев размерной цепи деталей в пределах одной группы?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маталин, А. А. Технология машиностроения / А. А. Маталин. – Санкт-Петербург: Лань, 2016. – 512 с.
2. Иванов, И. С. Технология машиностроения. Производство типовых деталей машин / И. С. Иванов. – М.: ИНФРА-М, 2014. – 224 с.
3. Безъязычный, В. Ф. Основы технологии машиностроения / В. Ф. Безъязычный. – М.: Машиностроение, 2013. – 568 с.
4. Ермолаев, В. В. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин / В. В. Ермолаев, А. И. Ильянков. – М.: Академия, 2015. – 336 с.
5. Технология машиностроения: учебное пособие для вузов / М. Ф. Пашкевич [и др.]; под общ. ред. М. Ф. Пашкевича. – Минск: Новое знание, 2008. – 477 с.
6. Базаров, Б. М. Основы технологии машиностроения / Б. М. Базаров. – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 2007. – 736 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Лабораторная работа № 1. Достижение точности сборки методами полной и неполной взаимозаменяемости.....	5
Лабораторная работа № 2. Достижение точности сборки методами пригонки и регулирования	21
Лабораторная работа № 3. Достижение точности сборки методом групповой взаимозаменяемости	32
Список литературы	43

Учебное издание

ВЫБОР МЕТОДОВ СБОРКИ

Практикум

для студентов специальности

1-36 01 01 «Технология машиностроения»

Составители:

ШЕЛЕГ Валерий Константинович

САКОВИЧ Наталья Александровна

КРАЙКО Сергей Эдуардович

Редактор *А. С. Мокрушиников*

Компьютерная верстка *Е. А. Беспанской*

Подписано в печать 01.07.2021. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 2,62. Уч.-изд. л. 2,05. Тираж 200. Заказ 506.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.