

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации
Кафедра № 24 - «Авиационной техники»

Способы обеспечения точности сборки

Санкт-Петербург
2008

Сборка является весьма трудоемкой и ответственной частью процессов ремонта машин.

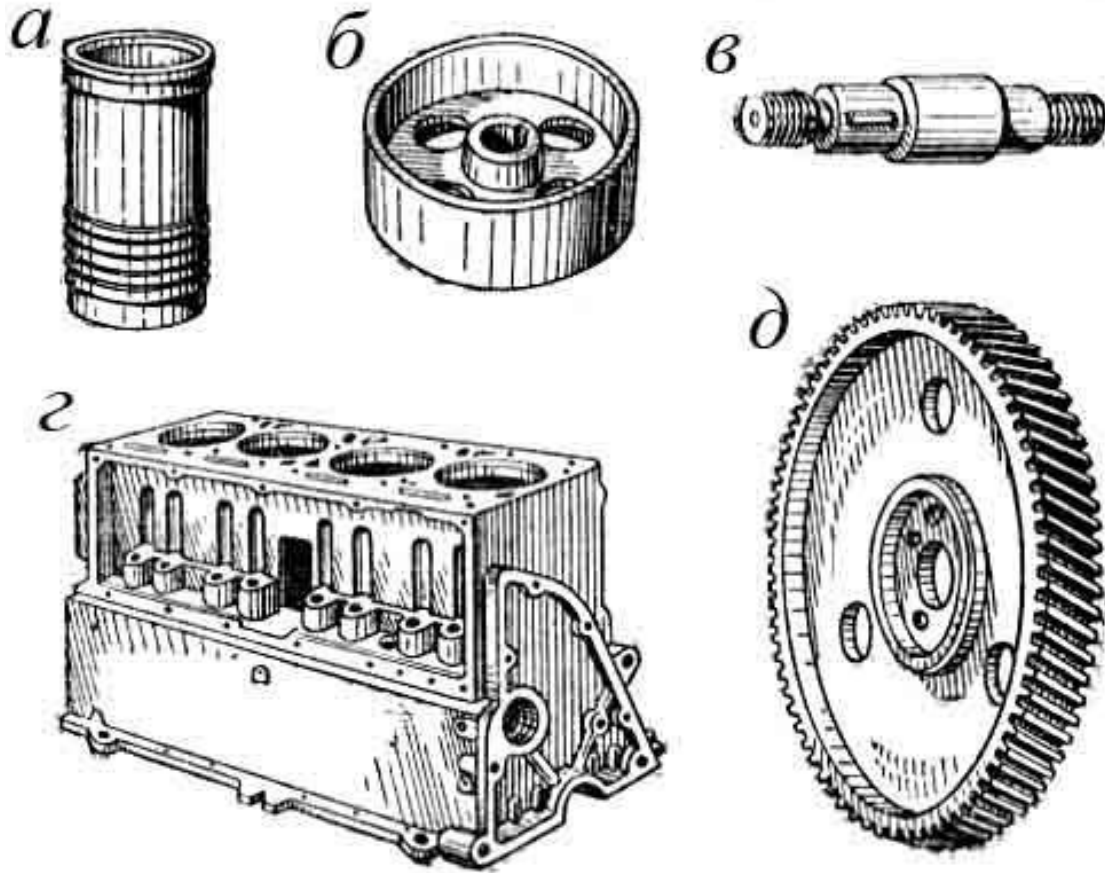
Так как обычным способом устранения отказов в эксплуатации ЛА является замена отказавшего изделия, предполагающая предварительную разборку и последующую сборку объекта, каждый инженер, занимающийся техническим обслуживанием и ремонтом ЛА и АД, должен уметь выполнять синтез и анализ ТП сборки (разборки).

Сборка – процесс последовательного образование соединений составных частей изделия в сборочные единицы, а сборочных единиц – в машины.

Детали ремонтируемых машин в процессе сборки соединяются в соответствии с техническими условиями. Собранные узлы и детали машины должны обеспечить нормальное взаимодействие механизмов машины, ее мощность и производительность.

Монтаж – установка изделия или его составных частей на месте использования.

При ремонте собирают механизмы и машины в порядке, обратном разборке. Детали, снятые при разборке последними, устанавливают при сборке первыми.



Деталь – изделие, изделие, изготовленное из однородного материала без применения сборочных операций, например, гильза, шкив, валик, блок цилиндров, зубчатое колесо.

Рис. Примеры деталей:

а – гильза; б – шкив; в – валик; з – блок цилиндров;
д – зубчатое колесо

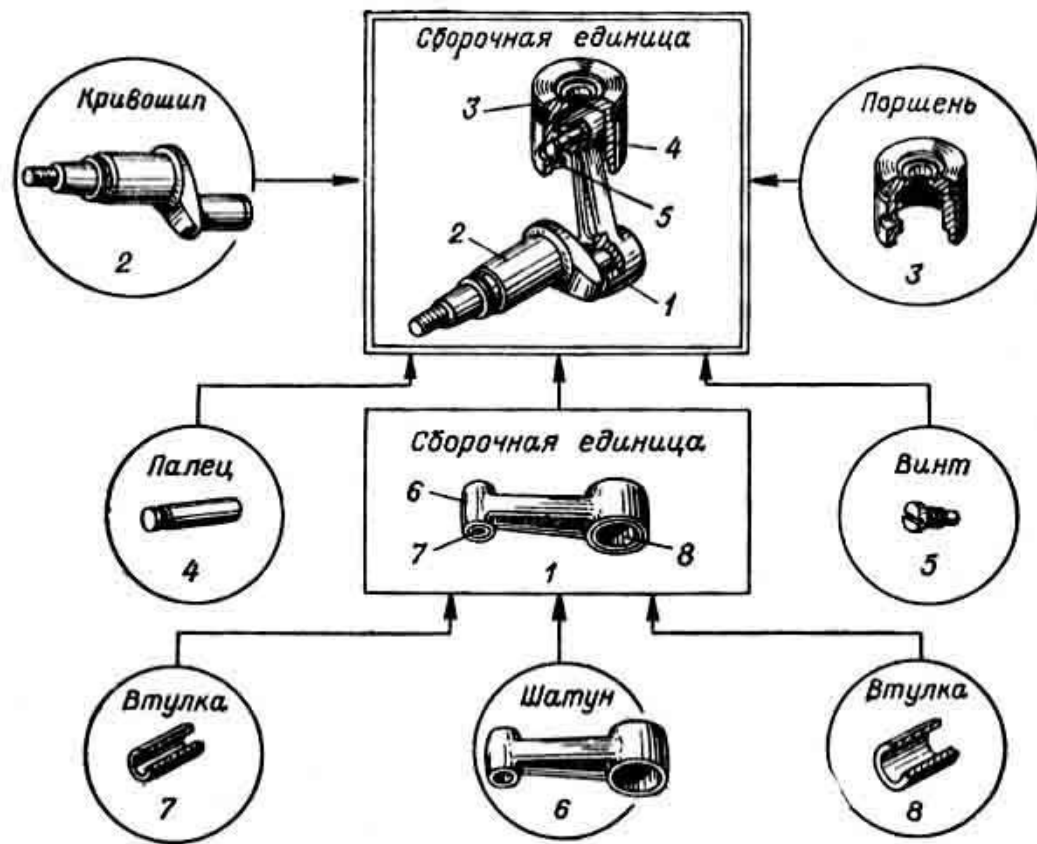


Рис. Примеры деталей и сборочных единиц:

1 – сборочная единица; 2 – кривошип; 3 – поршень; 4 – палец; 5 – винт; 6 – шатун; 7 – втулка; 8 – втулка;

Сборочная единица – изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, сочленением, клепкой, сваркой, пайкой, опрессовкой, развальцовкой, склеиванием, укладкой и т.п.).

Перед сборкой узлов или агрегатов выполняют подготовительные операции:

- ❖ комплектование деталей и узлов, изготовленных на предприятии-изготовителе агрегата (машины), покупных изделий;
- ❖ Промывку деталей и узлов; клеймение деталей и узлов;
- ❖ Гидравлические и пневматические испытания деталей и узлов.

Комплектование агрегатов (машин) деталями, узлами и покупными изделиями производят при подготовке их к сборке.

Детали подбирают по размерам сопрягаемых поверхностей, по массе и другим параметрам.

Детали и узлы, поступающие на сборку, сопровождаются документацией, в которой указаны необходимые для дальнейшей сборки параметры. Готовые изделия (покупные) поступают на сборку после прохождения входного контроля.

Наряду с комплектованием деталей и узлов подбирают документацию на детали, узлы и агрегаты в один комплект, который называется «дело машины (двигателя, *например*)»

Промывка деталей и узлов объекта сборки необходима, так как в процессе изготовления они загрязняются формовочными материалами, металлической стружкой или опилками, абразивными материалами, смазочно-охлаждаемыми жидкостями и др. Детали и злы промывают на различных стадиях производства машин и непосредственно перед ее сборкой, а если необходимо, то и в процессе сборки. Для промывки деталей и узлов непосредственно перед сборкой применяют бензин, керосин и 6%-ный раствор масла МС-20 в бензине.

Промывка деталей является трудоемкой и ответственной операцией. Производить промывку следует строго по технологии. Не допускаются касания деталей во время промывки. Исключение составляют мелкие и крепежные детали, которые промывают обычно в одной ванночке.

Клеймение деталей и узлов производится согласно технологическим требованиям.

При клеймении на носят:

- ✓ номера машины и комплекта;
- ✓ наработку;
- ✓ спаренность деталей.

Тем самым предотвращаются ошибки в учете наработки деталей, создаются предпосылки сохранения приработанных пар, обозначаются модификации комплекта.

Клейма спаренности наносятся на деталях отбалансированных частей или после выверки биений.

Клейма наносятся краской, электрографическими, ударными и кислотными методами.

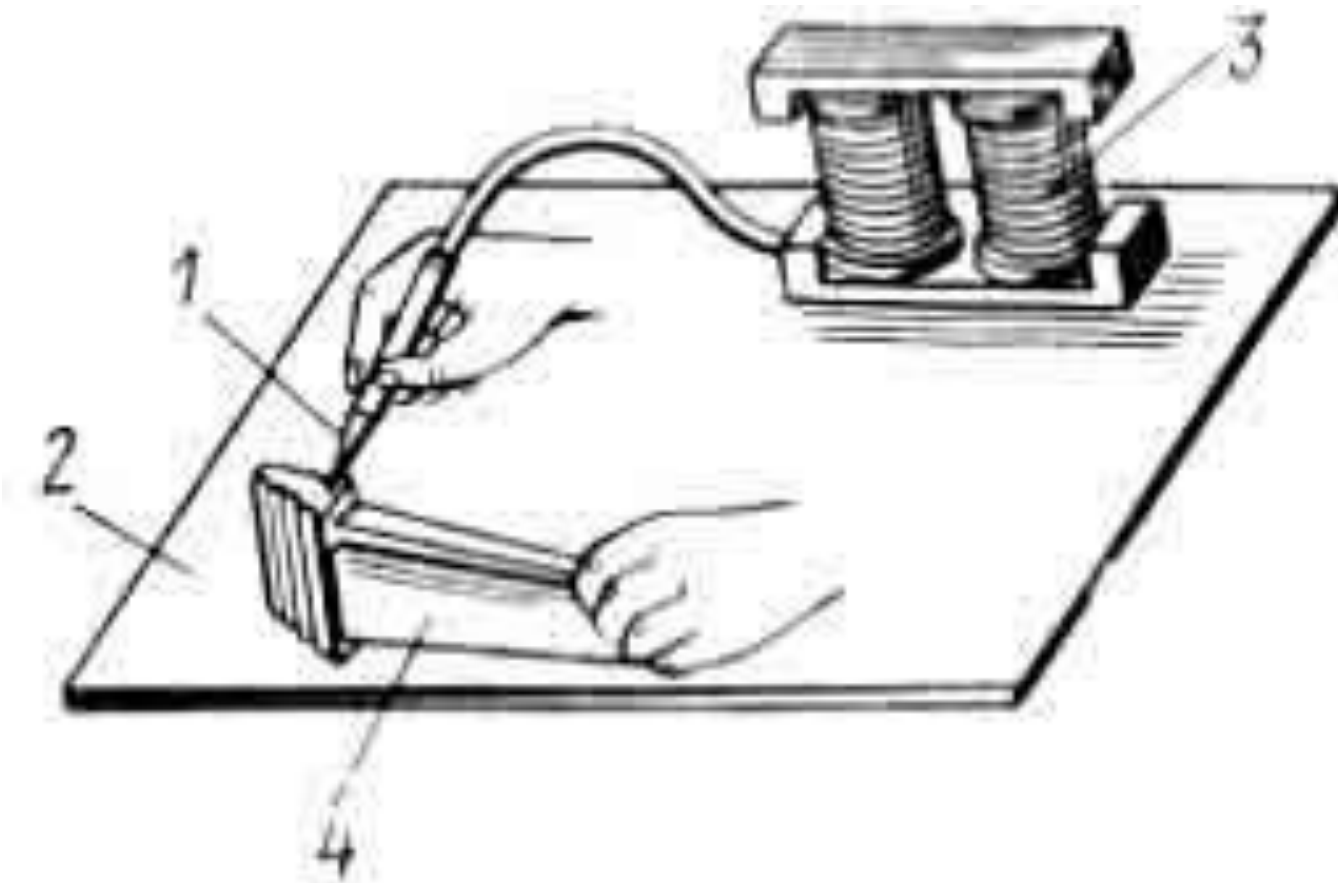


Рис. Электрограф:

1 – игла; 2 – плита; 3 – понижающий трансформатор; 4 - деталь

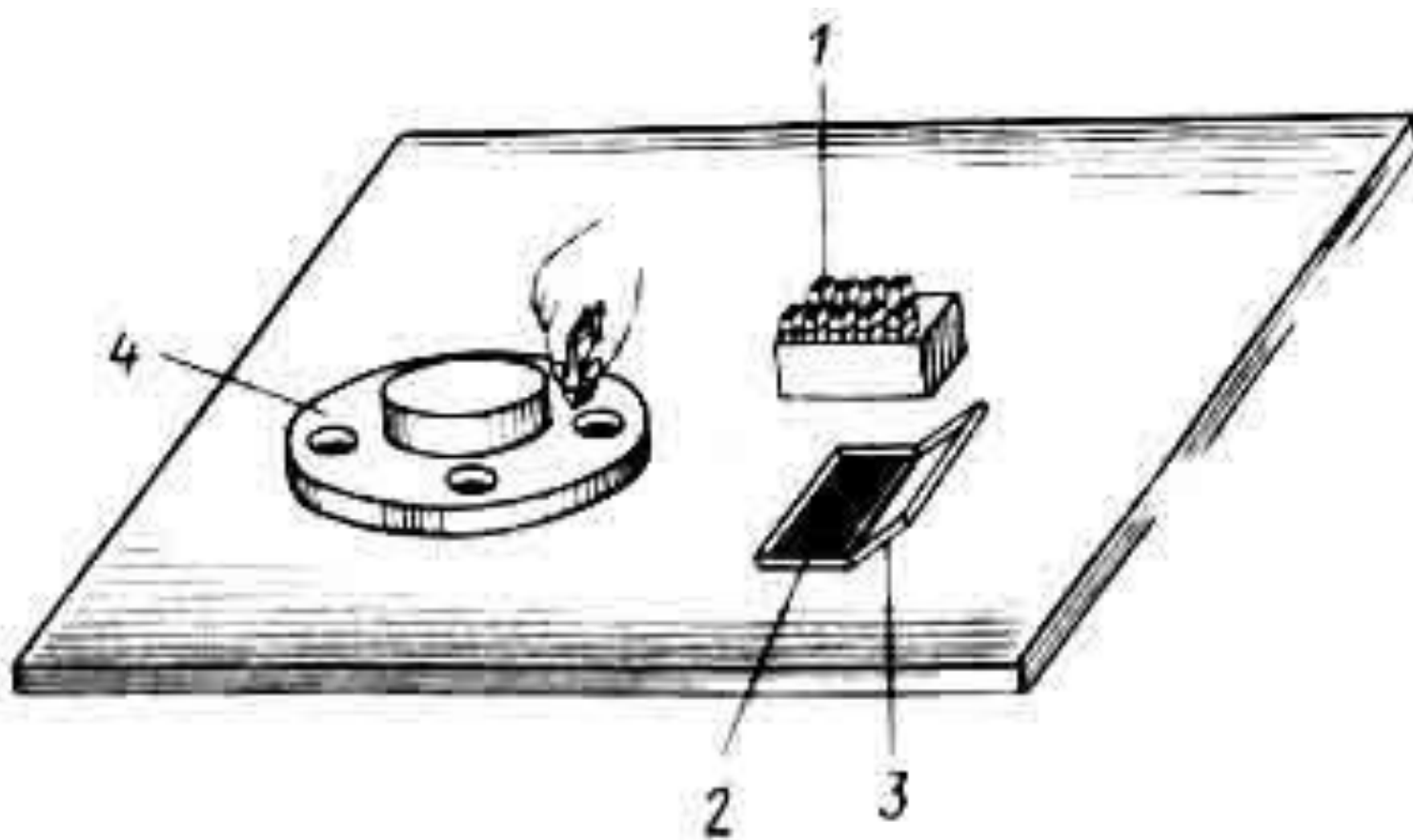


Рис. Набор для клеймения деталей химическим способом:

1 – набор резиновых 4штампов; 2 – фетровая подушка; 3 - футляр; 4 - деталь

Перед сборкой нужно обязательно проверить, хорошо ли промыты и очищены детали, не засорены ли отверстия и каналы для смазки. При необходимости промывают детали повторно. Следует помнить, что даже тончайшая пыль, попав на трущуюся поверхность, будет вызывать преждевременный износ сопрягаемых деталей.

Свое рабочее место слесарь-ремонтник должен всегда содержать в чистоте, тем более при сборке машин; необходимо также следить за чистотой рук. Ведь даже очень чистые детали, если положить их на грязный верстак или брать испачканными руками, снова загрязнятся.

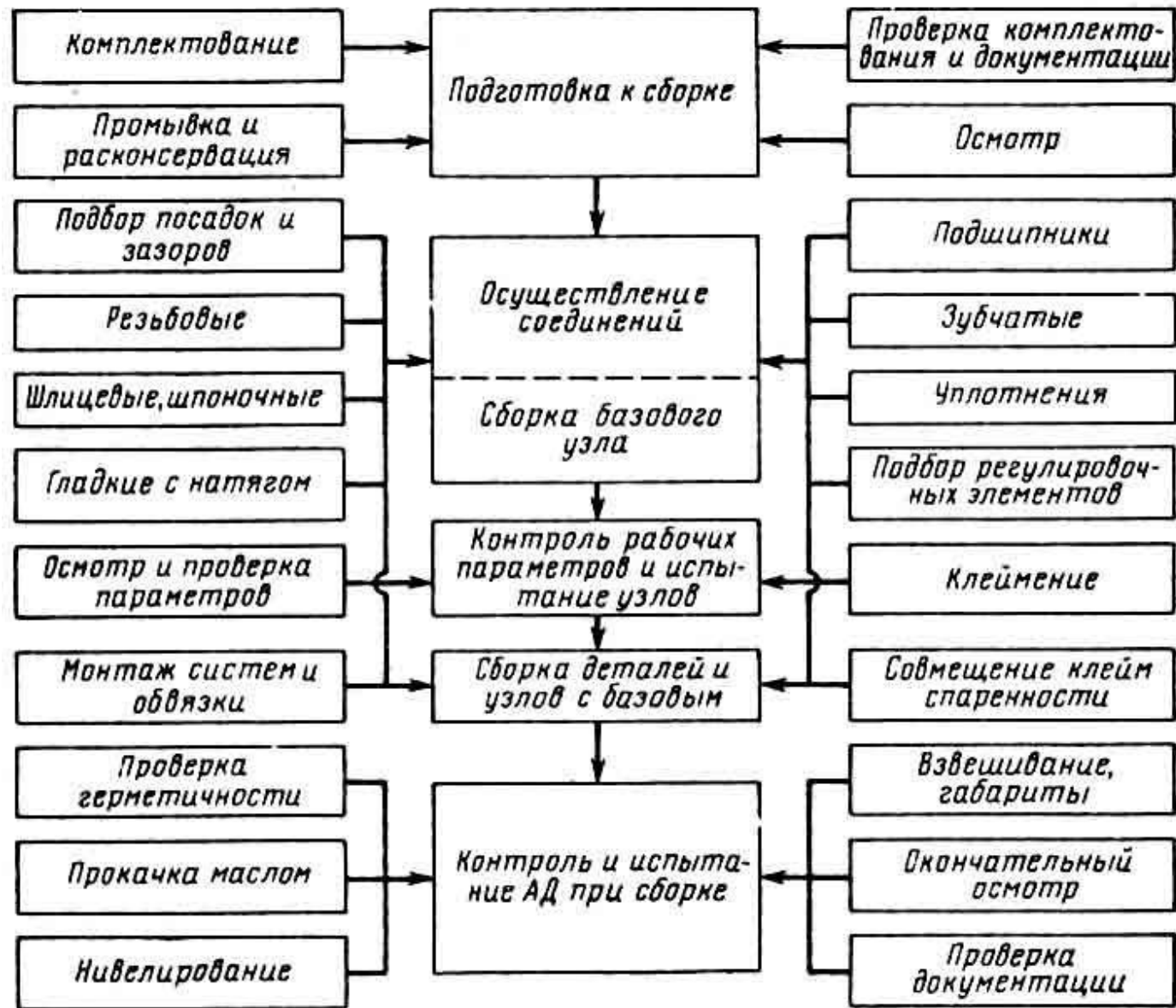


Рис. Схема технологического процесса сборки авиационного двигателя и состав его основных операций

Сборка может быть выполнена методами

- полной взаимозаменяемости,
- неполной (частичной, ограниченной) взаимозаменяемости,
- выборочным, селективным,
- с применением компенсаторов и
- индивидуальной пригонки.

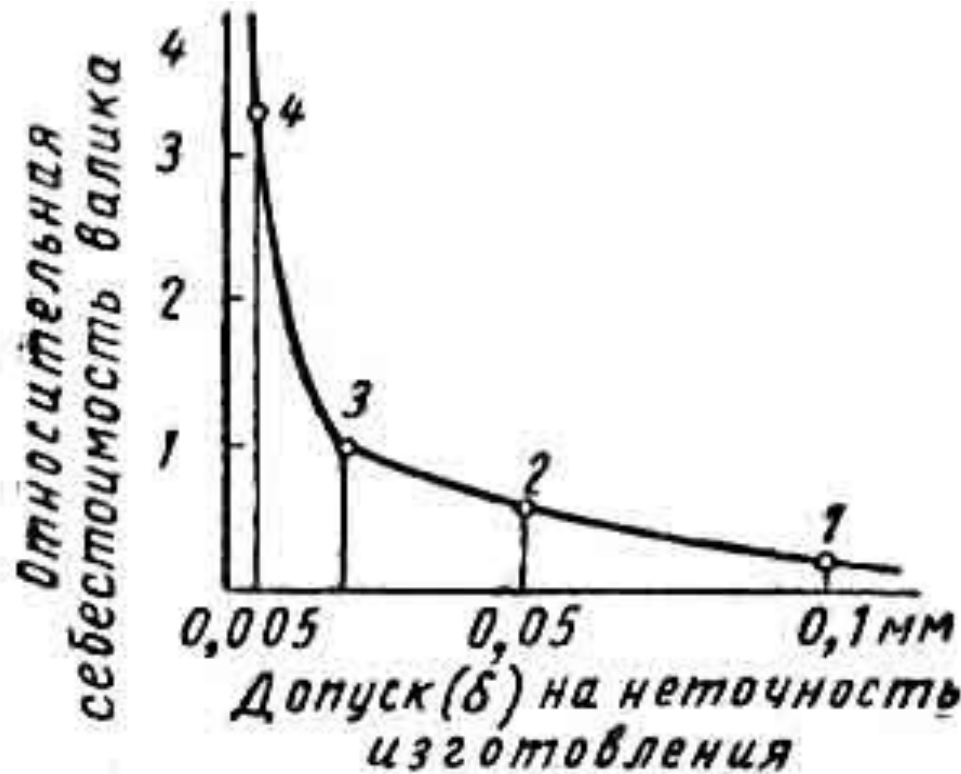


Рис. График зависимости себестоимости от требуемой точности детали

Метод полной взаимозаменяемости (МПВ) характеризуется тем, что детали собирают без предварительной подгонки, механической обработки и замены одних деталей другими.

При данном методе сборки характер посадки обеспечивается изготовлением сопрягаемых деталей с определенными допусками, причем иногда весьма жесткими.

К преимуществам данного метода (**МПВ**) относятся: упрощение организации поточной сборки, возможность широкой кооперации предприятий, упрощение изготовления и снабжения запасными частями и ремонта машин, находящихся в эксплуатации.

К недостаткам метода относится то, что допуски составляющих звеньев размерных цепей получаются наименьшими, чем при применении остальных методов сборки.

Этот метод широко используется при массовом изготовлении машин и не всегда экономически оправдывается при ремонте.

Метод неполной (частичной, ограниченной) взаимозаменяемости (МНВ) заключается в том, что требуемую точность замыкающего звена размерной цепи достигают не во всех размерных цепях, а у подавляющего их большинства, когда в размерную цепь включают все звенья вновь или в ней заменяют часть звеньев без их выбора, подбора или изменения их величины. Здесь для облегчения изготовления деталей допуски на их размеры несколько увеличены.

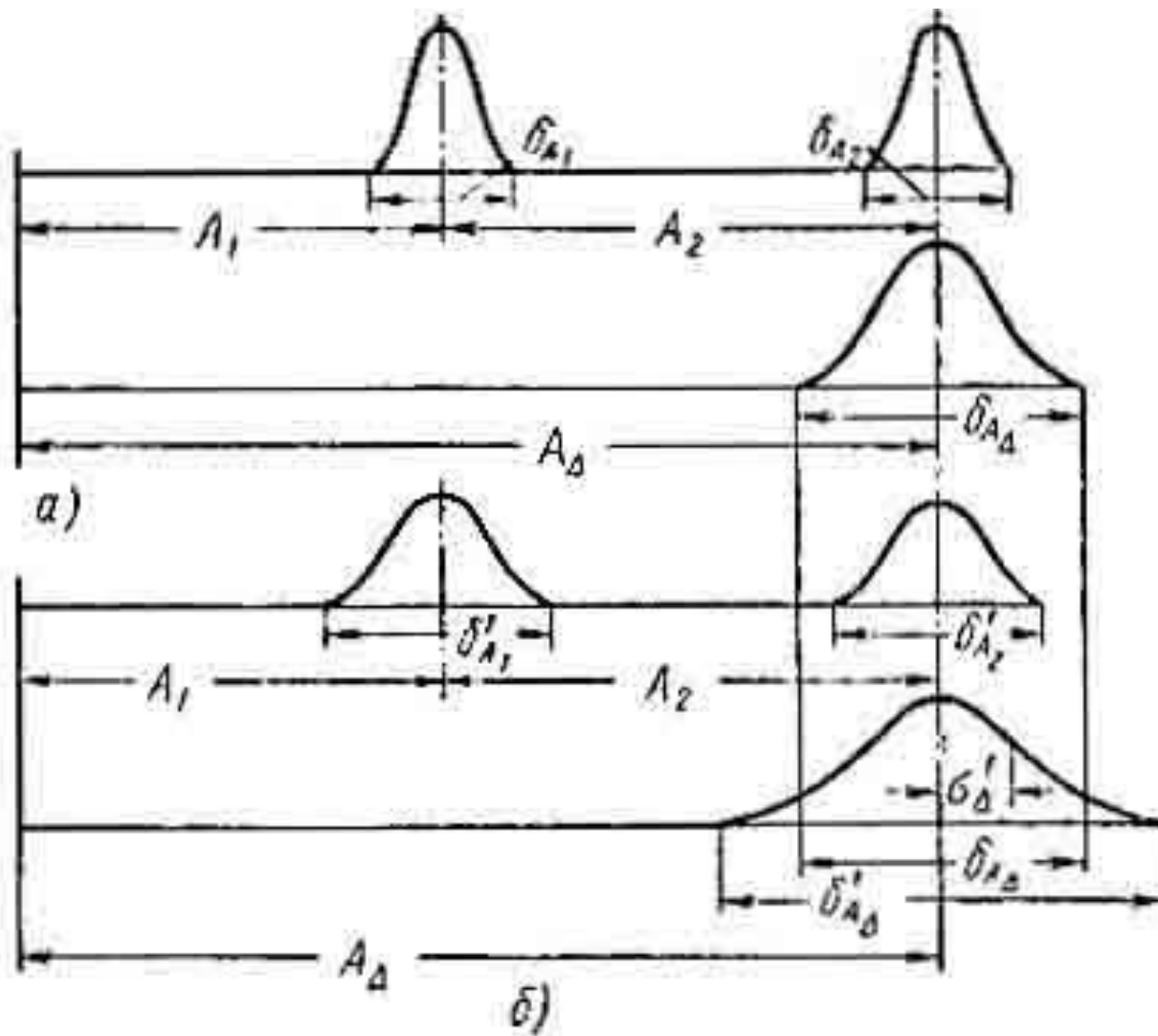


Рис. Сравнительная схема достижения требуемой точности методами полной (а) и неполной (б) взаимозаменяемости:

A_1, A_2 – номинальные размеры составляющих звеньев; δ_{A1}, δ_{A2} – допуски составляющих звеньев

Преимущества данного метода (**МНВ**) сборки такие же, как и у метода сборки с полной взаимозаменяемостью. При сборке деталей с увеличенными допусками некоторая часть собранных узлов или изделий не будет удовлетворять ТУ и потребует переборки узлов.

К недостаткам метода относятся дополнительные затраты на замену или подгонку деталей тех изделий, у которых значения замыкающих звеньев вышли за установленные пределы.

Практика показывает, что при рациональном выборе расширенных допусков процент некондиционных узлов невелик. Затраты на переборку этих узлов значительно меньше, чем экономический эффект от снижения стоимости деталей при расширенных допусках.

Метод групповой (селективной) взаимозаменяемости (МГВ) (его также называют методом подбора или методом селективной сборки). Он применяется в тех случаях, когда по условиям сборки размеры деталей должны быть очень точными. Для этого детали изготавливают с расширенными допусками, а затем их сортируют на группы по величине допуска. Сортировка производится с помощью ступенчатых калибров и скоб, позволяющих разделить поля допусков на ряд групп. При сборке соединяют между собой только детали соответствующих групп: охватывающие детали 1-й группы соединяют с охватываемыми деталями 1-й группы и т. д.

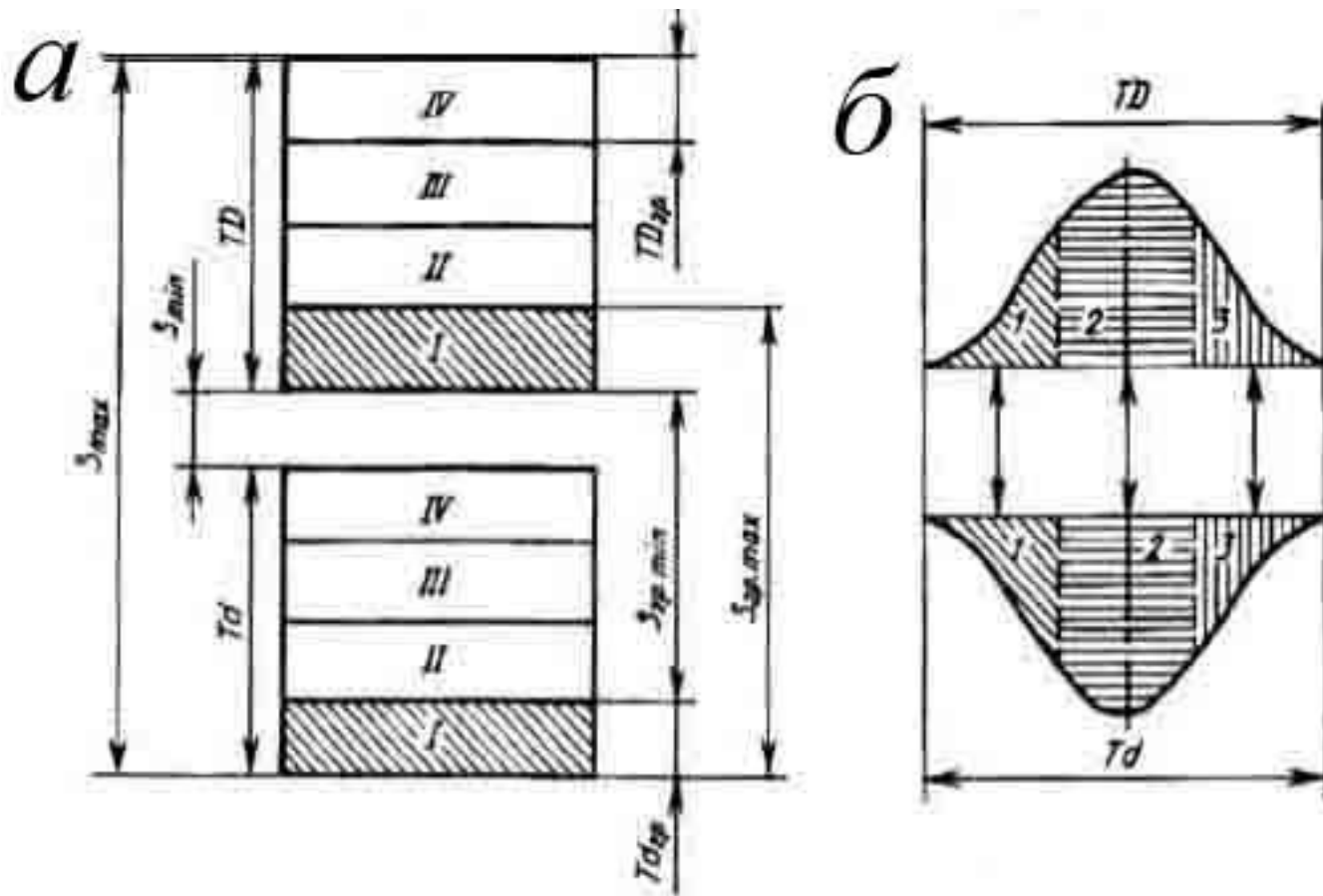


Рис. Схемы сортировки деталей на группы:

а – для соединения с зазором при $T_D = T_d$; б – с учетом кривых распределения размеров сопрягаемых деталей; T_D – допуск на размер D ; T_d – допуск на размер d ; S_{min} – наименьший зазор в соединении; S_{max} – наибольший зазор в соединении; $S_{гр min}$ – наименьший группой зазор в соединении; $S_{гр max}$ – наибольший группой зазор в соединении

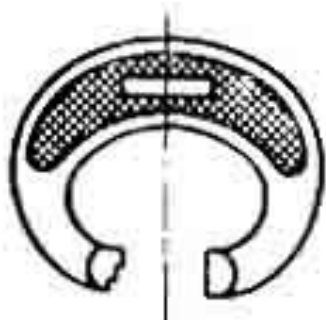
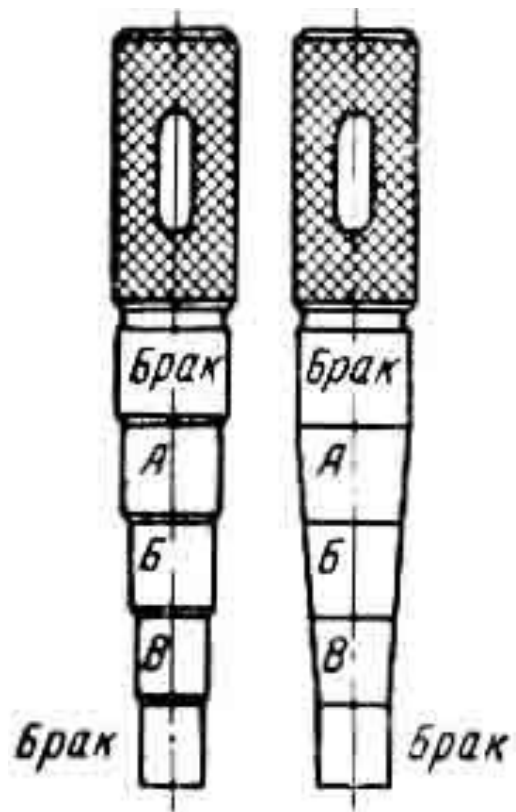


Рис. Калибры для сортировки деталей на группы по размерам отверстия

К преимуществам метода сборки с групповой взаимозаменяемостью (*МГВ*) относится возможность достижения высокой точности замыкающего размера при экономически целесообразных допусках составляющих размеров.

К недостаткам относится:

- дополнительные затраты на проверку, сортировку и маркировку деталей;
- необходимость хранения собираемых деталей по группам сборки;
- повышение трудоемкости сборки;
- усложнение снабжения запасными частями.

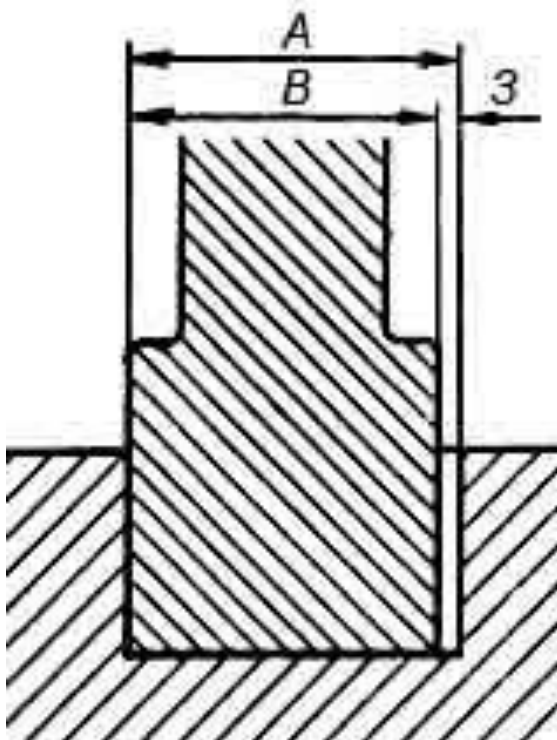
Сборку с групповой взаимозаменяемостью обычно используют в массовом и крупносерийном производстве для малозвенных (три-четыре звена) размерных цепей при сборке соединений высокой точности, когда дополнительные затраты на сортировку, маркировку, сборку и хранение деталей по группам окупаются высоким качеством собираемых изделий.

Этот метод находит применение только при значительной серийности ремонта.

Например, этот метод часто применяется при ввертывании шпилек в корпуса при условии гарантированной тугой посадки.

Пример селективной сборки – сборки методом групповой взаимозаменяемости.

Допустим, что в призматических направляющих (рис.) должен быть зазор $Z = 0,01 \dots 0,2$ мм. Номинальная ширина паза и ползуна $A = B = 20$ мм.



Для получения данного зазора Z методом полной, неограниченной взаимозаменяемости сопряжения должны быть выполнены в пределах: $A = 20 \dots 20,005$ мм, а $B = 19,985 \dots 19,990$ мм.

Тогда наибольший зазор
 $Z_{\text{б}} = A_{\text{б}} - B_{\text{м}} = 20,005 - 19,985 = 0,020$ мм,

а наименьший зазор
 $Z_{\text{м}} = A_{\text{м}} - B_{\text{б}} = 20 - 19,990 = 0,010$ мм

Рис. Схема зазора Z между призматическим пазом A и выступом B

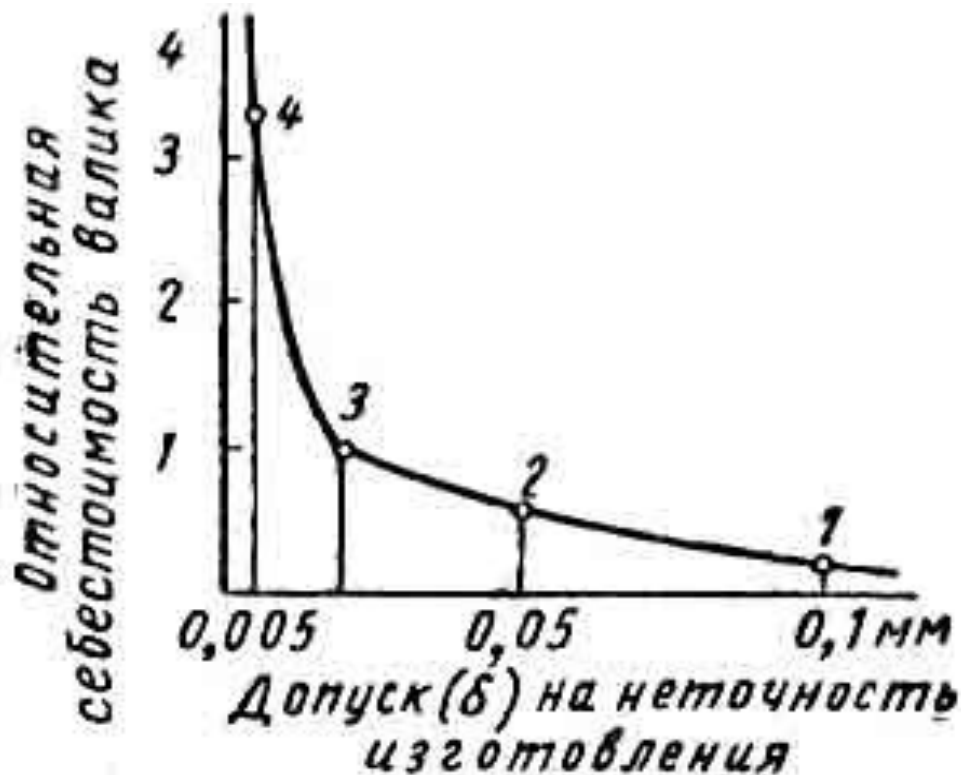


Рис. График зависимости себестоимости от требуемой точности детали

Как видим, требуемая точность зазора будет достигнута, но весьма дорогой ценой, так как обработка паза и ползуна с точностью до 0,005 мм является трудоемкой.

По этой причине на практике применяется другое решение.

Точность размеров деталей понижается , например, в четыре раза, так, чтобы $A = 20 \dots 20,020$; $B = 19,985 \dots 20,005$..Сборка таких деталей не дает требуемой точности зазора. Действительно:

$$Z_{\delta} = A_{\delta} - B_{M} = 20,020 - 19,985 = 0,035 \text{ мм};$$
$$Z_{M} = A_{M} - B_{\delta} = 20 - 20,005 = - 0,005 \text{ мм}.$$

Поэтому для получения при сборке зазора в пределах $0,01 \dots 0,02$ мм детали предварительно разбраковывают на четыре группы в зависимости от действительных размеров A и B . Применительно к данному примеру принцип разбраковки деталей приведен в таблице на следующем слайде.

Таблица 1

Разбивка деталей на группы при селективной сборке

Группы	Диапазон действительных значений ширины паза (размер А), мм	Диапазон действительных значений ширины ползуна (размер В), мм	Предельные значения зазора Z в каждой группе, мм
1-я	20...20,005	19,985...19,990	0,01...0,002
2-я	20,005...20,010	19,990...19,995	0,01...0,002
3-я	20,010...20,015	19,9995...20,000	0,01...0,002
4-я	20,015...20,020	20,000...20,005	0,01...0,002

Если собирать теперь между собой детали только одноименных групп, то предельные величины зазора во всех случаях будут соответствовать заданным.

Таким образом, повторимся,
преимущества селективной сборки
заключаются в возможности **понижения**
точности сопряженных деталей при
сохранении требуемой точности сборочных
размеров.

Метод регулировки (МР) заключается в том, что требуемая точность замыкающего звена достигается путем изменения величины заранее выбранного компенсирующего звена без снятия с него слоя материала. Этот метод находит широкое применение при ремонте и компенсации износов в сопряжениях машин и их механизмов.

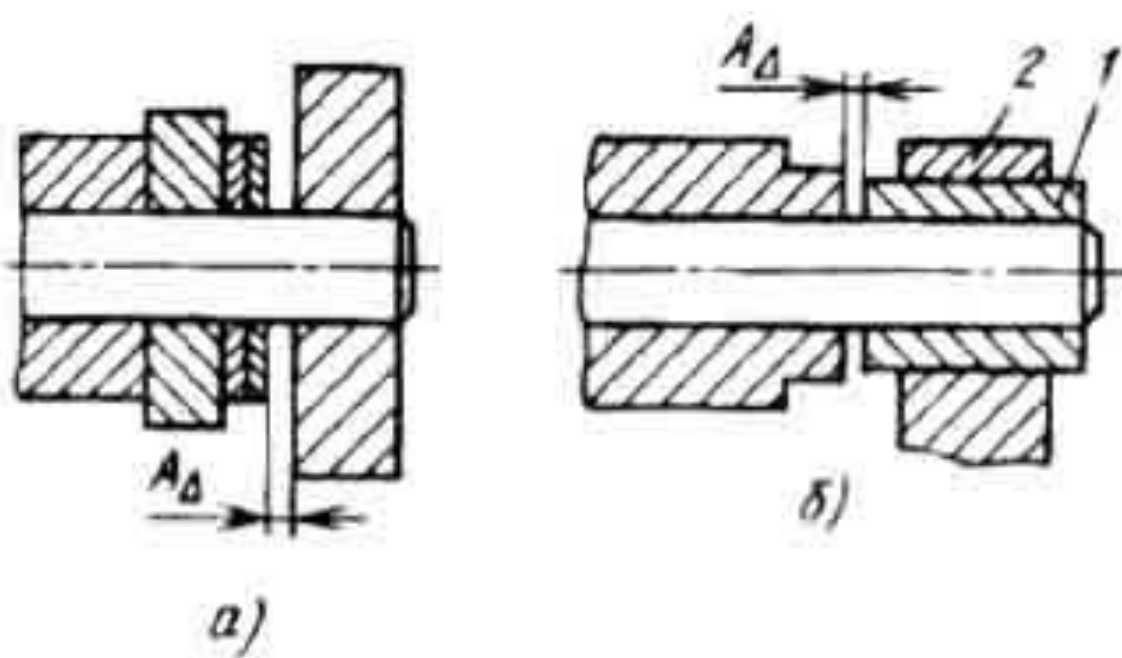


Рис. Сборка узлов с компенсаторами - регулировкой:

a – подбором неподвижных компенсирующих проставочных шайб-компенсаторов;
б – подвижных компенсаторов;
1 – запрессовываемая втулка;
2 – деталь с отверстием;
 A_{Δ} – требуемый зазор

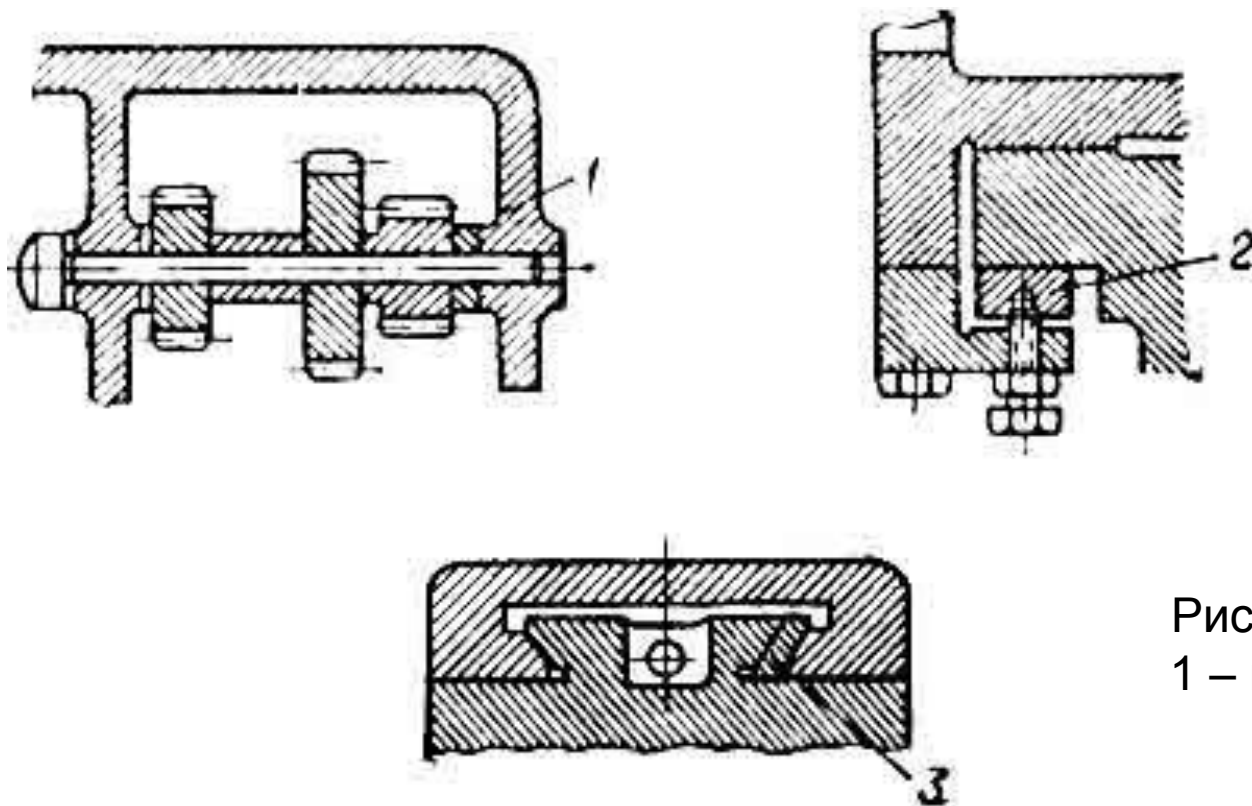


Рис. Компенсаторы:
1 – кольцо; 2 – планка;
3 – клин

Компенсаторы – дополнительные детали в виде втулок, шайб и т. п., благодаря которым компенсируются неточности сопрягаемых деталей.

Подвижным компенсатором может быть гайка, клин, косая шайба и т. д.
Неподвижными компенсаторами могут быть прокладки, шайбы, втулки, кольца и другие подобные детали.

К преимуществам метода сборки с регулированием относится возможность:

- ❑ назначения экономически целесообразных допусков на составляющие размеры цепи;
- ❑ регулирование размера замыкающего звена не только при сборке, но и в процессе эксплуатации изделий (например, для компенсации износа);
- ❑ обеспечения в ряде случаев автоматического регулирования точности изделий.

К недостаткам данного метода относятся

- ✓ возможное усложнение конструкции изделий и увеличение числа деталей;
- ✓ повышение трудоемкости сборки из-за необходимости проведения регулирования и измерений.

Метод индивидуальной пригонки (МП) заключается в том, что требуемая точность замыкающего звена достигается за счет изменения величины одного из звеньев путем снятия с него необходимого слоя материала.

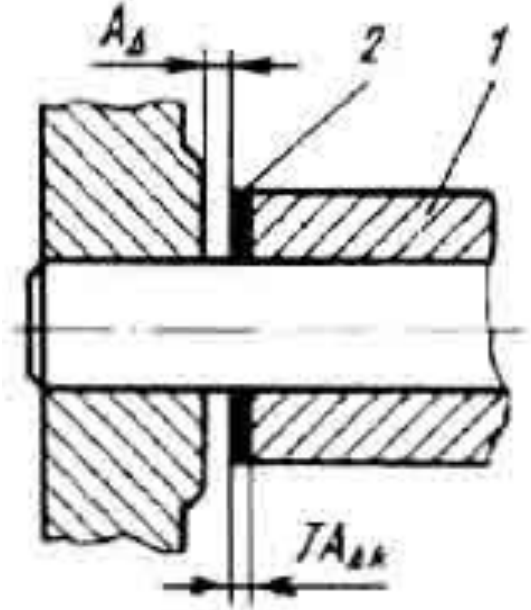


Рис. **Схема достижения точности замыкающего звена методом пригонки:**

1 – деталь-компенсатор;

2 – припуск на пригонку;

A_{Δ} – требуемый зазор;

$T A_{\Delta k}$ – размер необходимого припуска на пригонку

Подгонка деталей осуществляется опиловкой, зачисткой, притиркой, шабровкой, полировкой и другими способами.

К преимуществам метода сборки с пригонкой (*МП*) относится то, что на составляющие звенья могут быть установлены экономически целесообразные допуски.

К недостаткам относится

- ✓ высокая трудоемкость и себестоимость сборки,
- ✓ сложность планирования производства и снабжения запасными частями.

Поэтому данный метод сборки применяют в единичном и мелкосерийном производстве, когда нельзя использовать другие методы достижения точности замыкающего звена.