

# Технология машиностроения

## Лекция №2

Характеристики	(СССР) Россия	
	Макарова	Стечкина
Пистолет	Макарова	Стечкина
Год	1948	1948
Завод	Ижевский мех. завод	Вятско-Полянский («Молот»)
Калибр, мм	9	9
Рисунок		
Масса, кг	0,73	1,02
Длина, мм	160	225
Ёмкость магазина (количество патронов)	8	20
Количество выстрелов в 1 мин	30	Одиночных 40, автоматических 90
Прицельная дальность, м	50	200
Масса пули, г	6,1	6,1
Начальная скорость пули, м/сек	315	340
Штук	3000000-5000000	Нет данных

- Пример: технологичности конструкции

- **Технологичность конструкции изделия**

Совершенство конструкции изделия характеризуется его соответствием современному уровню техники, экономичностью и удобством в эксплуатации, а также тем, в какой мере учтены возможности использования экономичных и производительных технологических методов его изготовления. Конструкцию изделия, в которой эти возможности учтены, называют **технологичной**.

Технологичность конструкции изделия – понятие комплексное, так как рассматривать изолированно заготовительный процесс, процесс обработки, сборки и контроля, испытания и эксплуатации нельзя.

Изделие обрабатывается на технологичность в процессе конструирования, а не изготовления. Технологичность конструкции оценивается качественно и количественно. Сначала качественная оценка (**«хорошо-плохо»**, **«допустимо-недопустимо»**). Затем следует количественная оценка по принятым показателям технологичности (трудоемкости, себестоимости, материалоемкости) по ГОСТ 14.201-83 **«ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЯ ИЗДЕЛИЙ»**. Настоящий стандарт устанавливает систему показателей, последовательность и содержание работ по обеспечению технологичности.

**Обеспечение технологичности конструкции изделия** - функция подготовки производства, предусматривающая взаимосвязанное решение конструкторских и технологических задач, направленных на повышение производительности труда, достижение оптимальных трудовых и материальных затрат и сокращение времени на производство, в том числе и монтаж вне предприятия-изготовителя\*, техническое обслуживание и ремонт изделия.

Основные термины и определения в области обеспечения технологичности конструкции изделия - в ГОСТе 14.205-83.

Термины и определения в области технического обслуживания и ремонта техники - по ГОСТ 18322-78 и ГОСТ 21623-76.

### **Обеспечение технологичности конструкции изделия включает:**

- отработку конструкции изделий на технологичность на всех стадиях разработки изделия, при технологической подготовке производства;
- совершенствование условий выполнения работ при производстве, эксплуатации, ремонте изделий и фиксация принятых решений в документации;
- количественную оценку технологичности конструкции изделий;
- технологический контроль конструкторской документации;
- подготовку и внесение изменений в конструкторскую документацию по результатам технологического контроля, обеспечивающих достижение базовых значений показателей технологичности.

Правила внесения изменений в конструкторскую документацию - по ГОСТ 2.503-74.

*(При необходимости должны рассматриваться отраслевые стандарты и стандарты предприятия, отражающие специфические особенности продукции)*

## КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЙ

Технологичность конструкции изделия оценивают количественно с помощью системы показателей, которая включает по ГОСТ 14.201-83:

*Трудоемкость изготовления изделия, Удельная материалоемкость изделия, Удельная энергоемкость, Технологическая себестоимость изделия, Средняя оперативная трудоемкость технического обслуживания, Средняя оперативная стоимость технического обслуживания, Удельная трудоемкость изготовления изделия, Трудоемкость монтажа, Коэффициент применяемости материала, Коэффициент сборности.*

Определение понятий «конструктивная и технологическая преемственность» - по ГОСТ 14.004-83.

Комплекс работ по снижению трудоемкости и себестоимости изготовления изделия и его монтаже вне предприятия-изготовителя в общем случае включает:

повышение серийности изделия посредством стандартизации, унификации и обеспечения конструктивного подобия;

ограничение номенклатуры составных частей, применяемых материалов;

применение в разрабатываемых конструкциях освоенных в производстве конструктивных решений, соответствующих современным требованиям;

применение высокопроизводительных и малоотходных технологических решений, основанных на типизации процессов;

применение высокопроизводительных стандартных средств технологического оснащения, обеспечивающих оптимальный уровень автоматизации труда;

использование конструктивных решений, позволяющих снизить затраты на обеспечение доступа к составным частям. И возможность транспортирования изделия в собранном, не требующих при монтаже разборки для расконсервации, ревизии, а также операций по подгонке.

Ограничения требований к квалификации изготовителей и монтажников.

**Ответственными исполнителями обработки конструкции изделия на технологичность являются разработчики конструкторской документации.**

*Изменения конструкции изделия, находящегося в серийном производстве, проводят с новой серии в зависимости от вида, назначения, условий производства и эксплуатации изделия.*

## Показатели количественной оценки технологичности

По ГОСТ 14.202-73 содержит 4 основных и 31 дополнительный показатель. Количественную оценку производят по суммарной трудоемкости и технологической себестоимости.

Технологичность возможно определять по техническим показателям из чертежа детали:

**Коэффициент точности:**  $K_T = 1 - 1/T_{cp}$

где  $T_{cp}$  – среднее значение качества точности;

$$T_{cp} = \sum T_i n_i / \sum n_i$$

где  $T_i$  – качество точности обрабатываемой поверхности;

$n_i$  – число размеров или поверхностей для каждого качества.

**Коэффициент шероховатости:**  $K_{ш} = 1/Ra_{cp}$

где  $Ra_{cp}$  – среднее значение шероховатости;

$$Ra_{cp} = \sum Ra_i n_i / \sum n_i$$

где  $Ra_i$  – значение параметра шероховатости обрабатываемой поверхности;

$n_i$  – число поверхностей для каждого параметра шероховатости.

В общем случае технологичность детали (индекс «д») должна оцениваться путем сравнения ее показателей с соответствующими показателями детали-аналога (индекс «а»). Деталь-аналог понимается базовая деталь, выполняющая в изделии те же функции, что и анализируемая, и имеющая известные базовые показатели.

Так, трудоемкость детали  $T_d$  может быть определена по [Технологичность конструкций изделий: Справочник /Амиров Ю.Д.] как:

$$T_d = T_a K_M K_{cl} K_N$$

$T_a$  – трудоемкость обработки детали-аналога, мин;

$K_M K_{cl} K_N$  – коэффициенты, учитывающие различия детали и детали-аналога по массе, сложности обработки и программе выпуска.

$$K_M = (M_d / M_a)^{0,67}$$

где  $M_d$ ,  $M_a$  – масса детали и детали-аналога, кг.

$$K_{cl} = K_{T, HM, d} K_{Ш, HM, d} / K_{T, HM, a} K_{Ш, HM, a}$$

где  $K_{T, HM, d}$ ,  $K_{Ш, HM, d}$ ,  $K_{T, HM, a}$ ,  $K_{Ш, HM, a}$  – коэффициенты, показывающие изменение трудоемкости в зависимости от изменения наименьших значений качества точности и параметра шероховатости соответственно детали и детали-аналога.

При этом  $K_{T, HM} = 4T_{HM}^{-0,63}$

$$K_{Ш, HM} = 1,19Ra_{HM}^{-0,071}$$

где  $T_{HM}$ ,  $Ra_{HM}$  – соответственно наименьшие значения качества точности и параметра шероховатости поверхности.

$$K_N = (N_a / N_d)^m$$

$N_a$ ,  $N_d$  – годовой выпуск аналога и детали, шт.

$m$  – показатель степени, определяемый по формуле:

$$m = 0,2M_d^{-0,045}$$

# Работы по обеспечению технологичности на различных стадиях разработки КД

<b>Стадии разработки КД</b>	<i>Основное содержание работ по обеспечению технологичности конструкции изделия</i>
<b>Техническое предложение</b>	<i>Выявление вариантов конструктивных решений, имеющих лучшие предпосылки для рациональной разбивки и компоновки изделия. Выявление возможности заимствования составных частей изделия. Выявление новых материалов. Компоновки основных составных частей изделия. Технологический контроль КД</i>
<b>Эскизный проект</b>	<i>Анализ соответствия компоновок изделия условиям производства. Анализ соответствия компоновок изделия условиям технического обслуживания и ремонта. Сопоставление вариантов конструкции изделия по унификации, стандартизации, по точности расположения и способам соединения составных частей изделия. Выбор вариантов конструкции изделия для дальнейшей разработки. Технологический контроль КД</i>



<p><b>Технически й проект</b></p>	<p>Определение возможности параллельной и независимой сборки и контроля составных частей изделия.          Анализ соответствия конструкции и компоновки сменных и требующих технического обслуживания составных частей изделия требованиям технического обслуживания и ремонта.          Выявление возможности применения покупных, стандартных, унифицированных составных частей изделия.          Анализ возможности применения новых, в том числе типовых и групповых высокопроизводительных технологических процессов.          Технологический контроль КД</p>
<p><b>Рабочая конструкто рская документац ия а) опытного образца (опытной партии) или изделия единичного производст ва (кроме разового изготовлени я)</b></p>	<p>При разработке рабочей КД для изготовления опытного образца или изделия единичного производства (кроме разового изготовления) проводятся: анализ сборки изделия без промежуточных разборок;          определение доступности и легкоъемности, требующих технического обслуживания и ремонта составных частей изделия;          выявление возможности унификации сборочных единиц и их конструктивных элементов;          выявление возможности унификации деталей;          установление экономически целесообразных методов получения заготовок;          поэлементная отработка конструкции деталей и сборочных единиц на технологичность;          расчет показателей технологичности конструкции изделия;          технологический контроль КД.          При изготовлении и испытании опытного образца или изделия единичного производства (кроме разового изготовления) проводятся:          проверка соответствия конструкции деталей рациональным способам получения заготовок и их обработки;          проверка соответствия заданной точности изготовления изделия техническим данным средств технологического оснащения;          проверка применимости нормальных рядов размеров, стандартного режущего и измерительного инструмента;          проверка возможности использования конструкторских баз в качестве технологических и их увязка;          проверка возможности сокращения обрабатываемых поверхностей;          проверка возможности технического контроля, в том числе контроля технического состояния, технического диагностирования;          проверка возможности восстановления геометрических характеристик и качества поверхностей деталей;          проверка соответствия технологичности конструкции требованиям ремонтпригодности и транспортабельности;          корректировка и технологический контроль КД с учетом предложений, выявленных при анализе технологичности опытного образца</p>

**б) серийного  
(массового)  
производства**

*Окончательное принятие решений по совершенствованию условий выполнения работ при производстве, эксплуатации и ремонте и фиксация этих решений в технологической документации.*

*Окончательная отработка конструкции изделия в период изготовления, испытания и оснащения технологического процесса изготовления установочной серии. Доведение конструкции изделия до соответствия требованиям серийного (массового) производства с учетом применения наиболее производительных технологических процессов.*

*Оценка соответствия достигнутого уровня технологичности требованиям технического задания.*

*Корректировка КД.*

*Оценка эксплуатационной и ремонтной технологичности путем проведения исследовательских испытаний или организации сбора данных о технологичности изделия в процессе эксплуатации.*

**Технологическая рациональность конструкции изделия** - выражает технологичность изделия с точки зрения соответствия принятых конструктивных решений условиям производства и эксплуатации.

Условия производства и эксплуатации определяются возможностями эффективного использования трудовых и материальных ресурсов, с учетом перспективы технического перевооружения этих сфер в течение периода выпуска и применения изделия в народном хозяйстве, в соответствии с данными прогнозов совершенствования изделия и конструкционных материалов.

Технологическая рациональность конструкции изделия является динамической характеристикой, поскольку ее уровень непрерывно меняется соответственно изменяющимся методам и средствам изготовления.

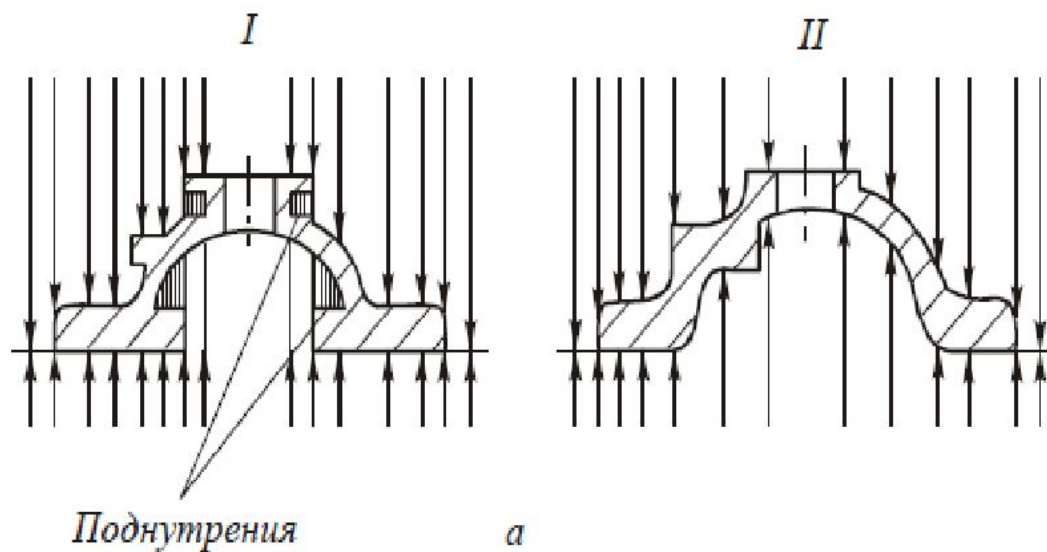
## ***Технологичность конструкции деталей***

При отработке деталей на технологичность анализируют следующие признаки:

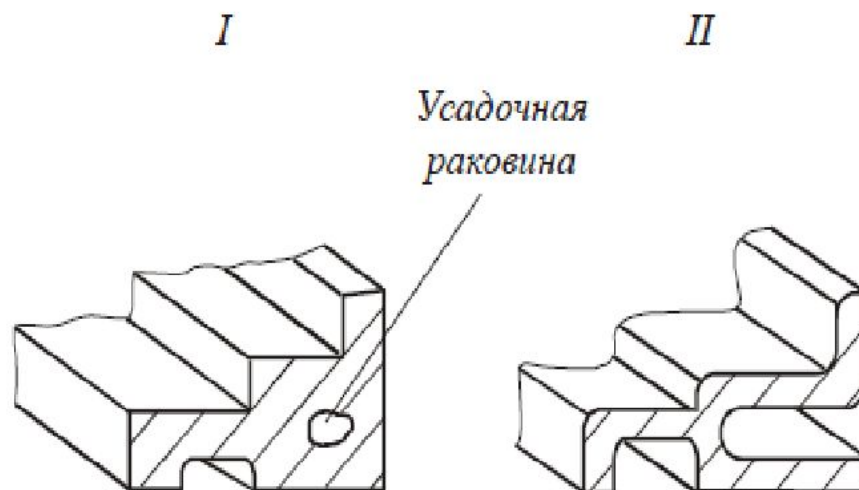
- правильность выбора заготовки (с целью сокращения механической обработки);
- рациональность выбора материала;
- оптимальность простановки размеров;
- степень совмещения конструкторских, технологических и метрологических баз;
- исключение обработки торцов внутри корпусов;
- жесткость деталей для успешной механической обработки;
- предусмотрение канавок для выхода инструмента;
- минимизация количества разнообразных отверстий, резьб и т. п.;
- четкое разграничение поверхностей, подлежащих механической обработке;
- расположение соосных отверстий в порядке уменьшения их диаметров;
- исключение несквозных отверстий и т. п.

В конструкции *отливок*:

- должно быть обеспечено минимальное число и оптимальное расположение поверхностей разъема формы; так, для упрощения изготовления модели и формы разъем модели следует осуществлять в одной плоскости с плоскостью разъема формы;
- должно быть минимизировано число стержней;
- полки для крепления других деталей и ребра жесткости следует располагать перпендикулярно к плоскости разъема формы, чтобы исключить появление «теневых» поверхностей (поднутрений). На рис. 8.1, а показаны рациональная (схема II) и нерациональная (схема I) конструкции отливки;
- необходимо предусмотреть литейные уклоны для удаления модели из формы без разрушения последней (при литье в песчаные формы) и для облегчения извлечения отливки из пресс-формы;
- необходимо обеспечить равномерность толщины стенок отливки (рис. 8.1, б), плавный переход от тонких стенок к сечениям большей толщины, а также правильное сопряжение стенок: отношение толщины соприкасаемых стенок не должно превышать 4:1;
- должна быть принята рациональная толщина стенок, которая зависит от материала, способа литья, размеров отливки и т. п. Так, минимальная толщина стенки отливки из серого чугуна при длине отливки до 800 мм составляет 6...8 мм [15].



Поднутрения а

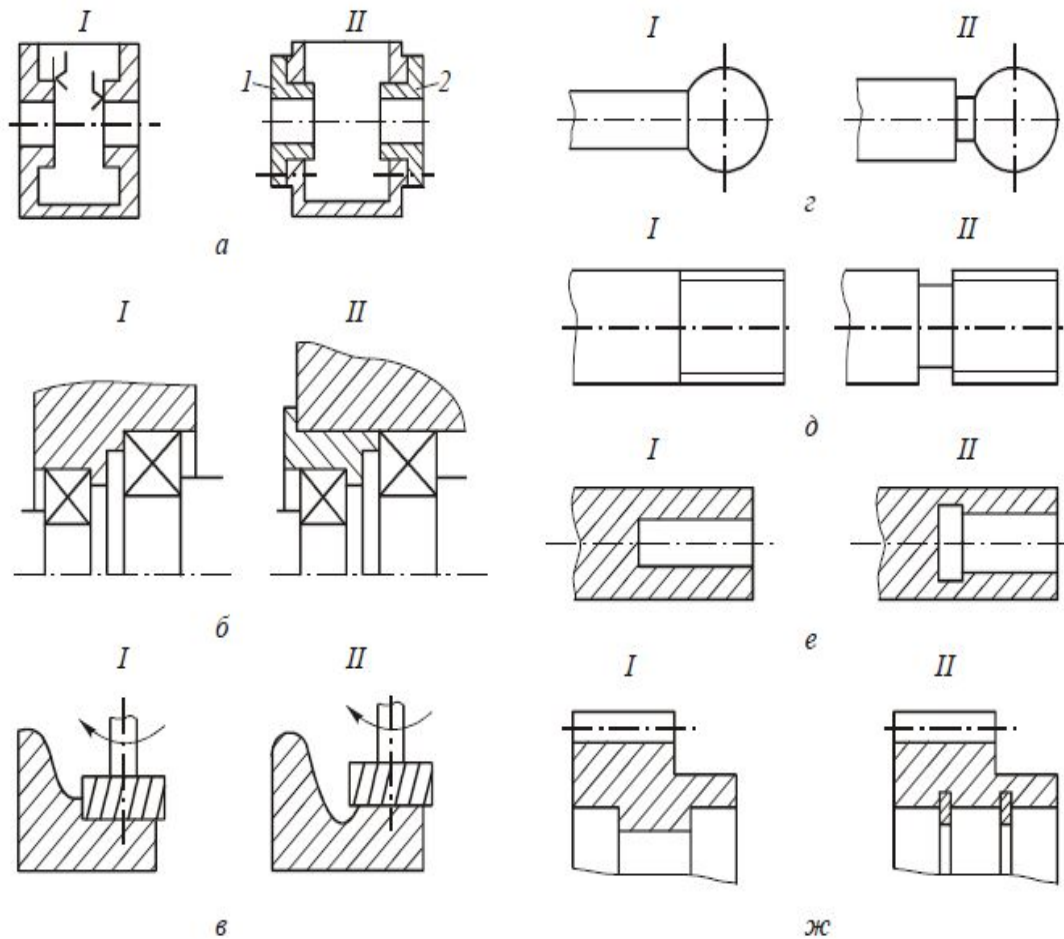


б

Рис. 8.1. К анализу технологичности литых заготовок

Ниже приведены некоторые способы повышения *технологичности деталей, подвергаемых механической обработке.*

Важным признаком технологичности является *исключение обработки торцов, канавок и других поверхностей внутри корпуса.* В схеме II (рис. 8.2, а) это выполнено за счет использования уже обработанных стаканов 1 и 2, по схеме I обработка торцов крайне затруднена.



*Расчленение детали* (см. схему II на рис. 8.2, б) существенно облегчает обработку поверхностей под подшипники.

Четкое разграничение обрабатываемых поверхностей (см. схему II на рис. 8.2, в) улучшает условия резания, повышает стойкость инструмента и точность по сравнению со схемой I.

Создание условий для свободного выхода инструмента (см. рис. 8.2, схему II; рис. 8.2, г, д, е) является необходимым условием изготовления точных поверхностей.

Обработка за один установ (см. схему II рис. 8.2, ж) является важным условием обработки высокоточных поверхностей.

Рис. 8.2. Примеры повышения технологичности деталей при механической (лезвийной) обработке

- ***Технологичность сборочных операций***

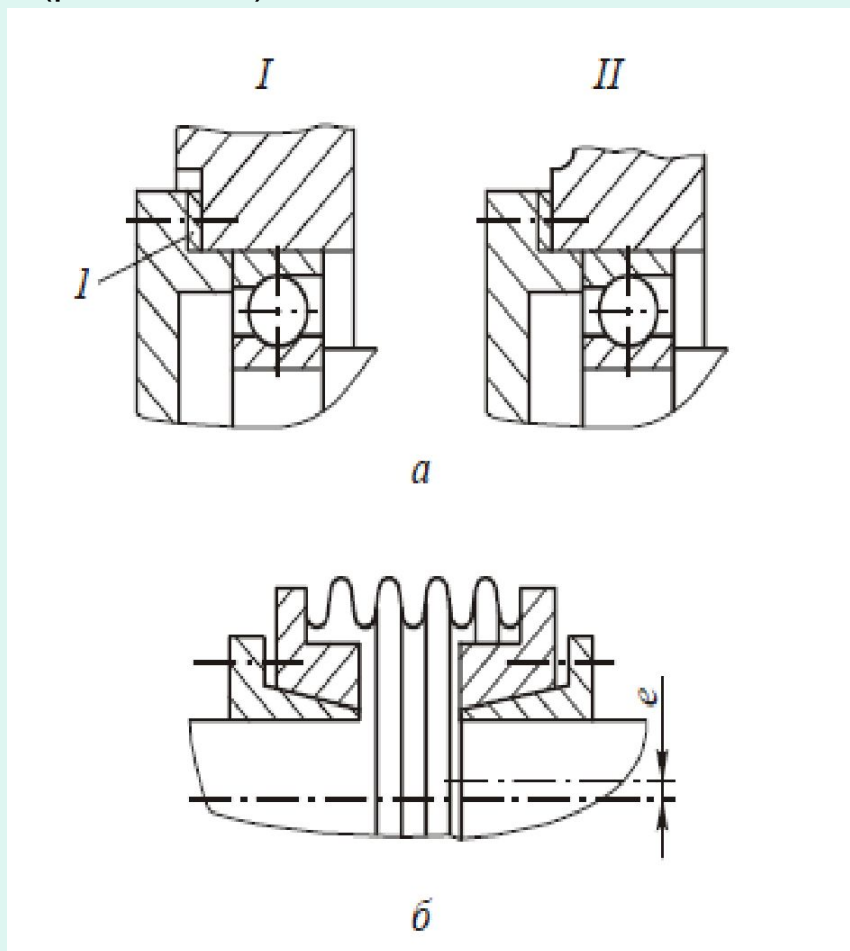
Технологичность конструкции применительно к сборочным операциям можно характеризовать оптимальным применением следующих принципов и методов:

- взаимозаменяемости, компенсирования и регулирования;
- размерного анализа;
- расчленения конструкции на самостоятельные сборочные единицы (агрегаты, модули);
- рациональных способов соединений, сопряжений, креплений;
- рационального центрирования и базирования сопряженных деталей и узлов;
- сокращения крепежных элементов;
- устранения пригонки;
- упрощения сборочных операций, в частности, последовательности установки деталей в сборочную единицу, введения разъемов электрических кабелей, гидравлических и пневматических шлангов и т. п.).

Ниже приведены некоторые примеры реализации изложенных принципов и методов.

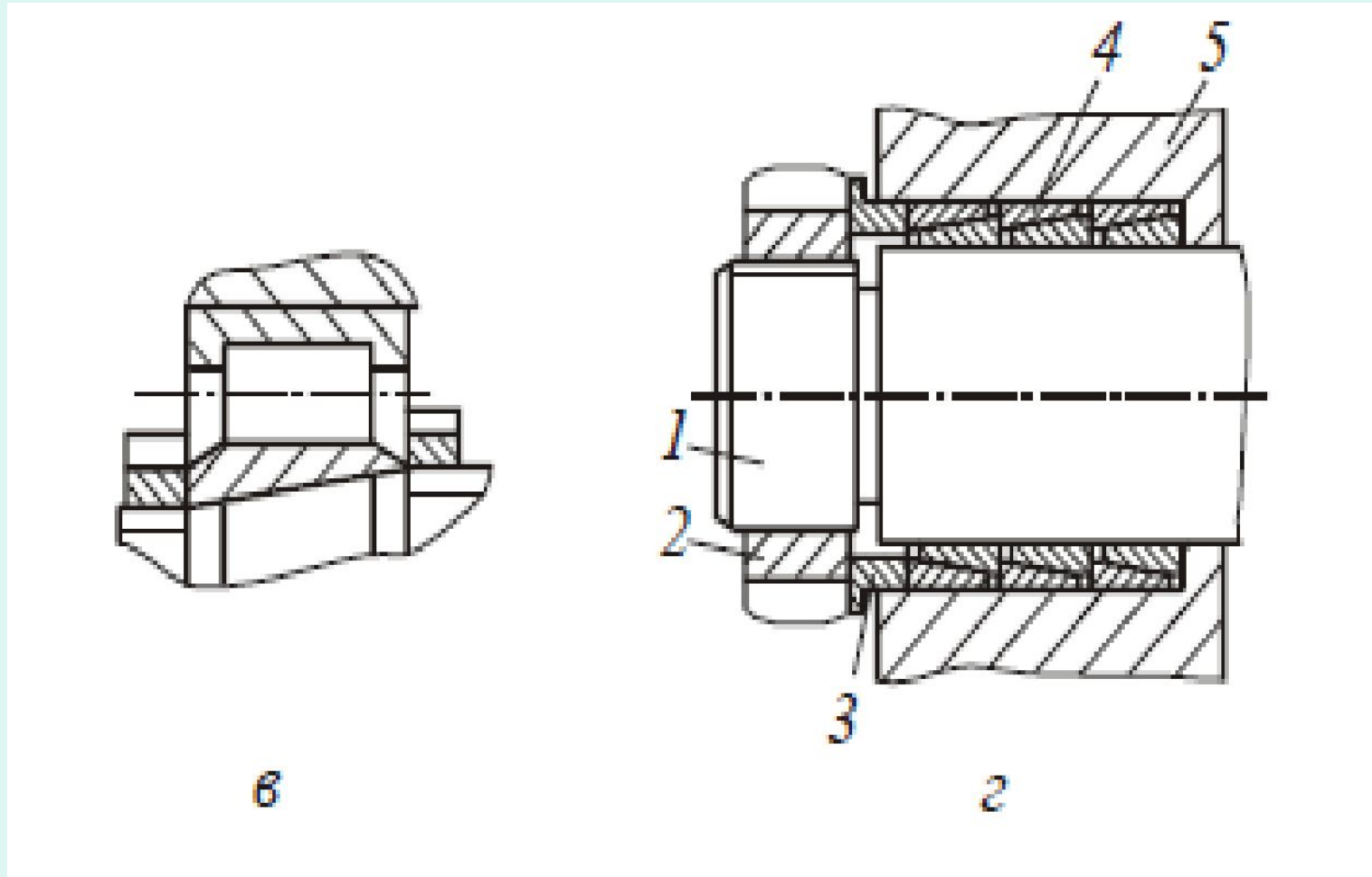
Введение в конструкцию компенсаторов является одним из эффективных методов регулирования точности размерных цепей. Эта мера позволяет расширить допуски и другие требования к изготавливаемым деталям. На рис. 8.3, а компенсатор 1 позволяет снизить точность изготовления линейных размеров деталей (крышки, вала). Причем схема II предпочтительнее, т. к. в ней легче измерить толщину компенсатора.

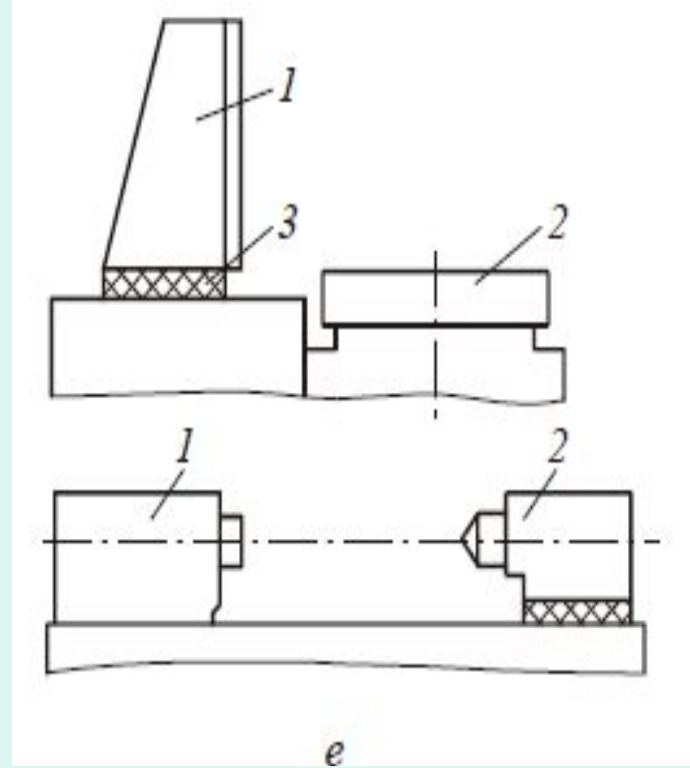
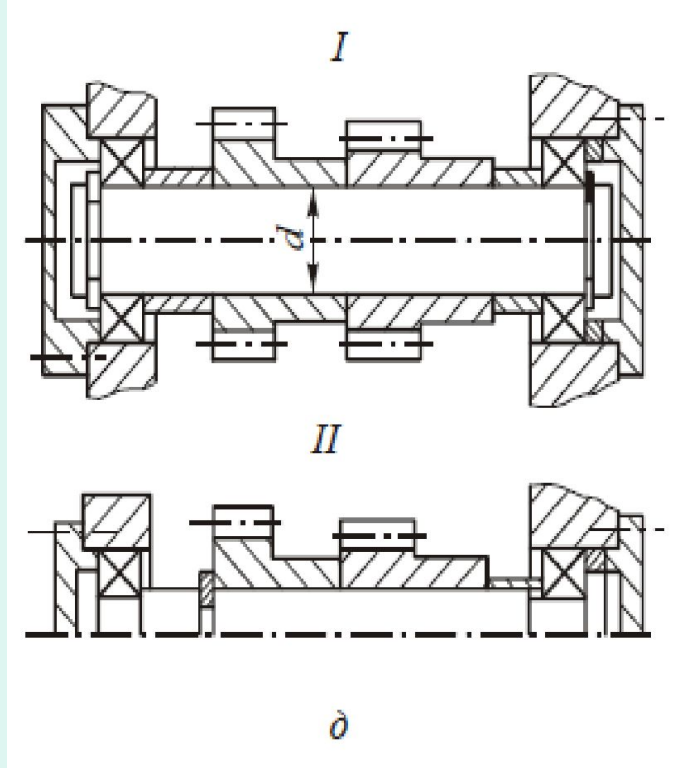
Применение в качестве компенсатора специальной сильфонной муфты позволяет избежать необходимости обеспечения точного взаимного расположения соединяемых валов (рис. 8.3, б).





Для упрощения изготовления деталей, сборки и повышения технологичности при эксплуатации используют *регулирование*. Так, предварительный натяг в роликоподшипниках с цилиндрическими роликами создается за счет деформирования внутреннего кольца (рис. 8.3, в) при затяжке на коническую шейку шпинделя. Беззазорное зацепление возможно получить соединением зубчатого колеса 5 с валом 1 с помощью конических разжимных колец 4 (рис. 8.3, г). Затяжка колец осуществляется гайкой 2 через втулку 3.





Способы сопряжений, закреплений соединений оказывают большое влияние на трудоемкость сборочных операций. В схеме I на рис. 8.3,  $d$  вал имеет один диаметр  $d$  и монтаж деталей на нем затруднен, да и точность вала на участке посадки шестерен и дистанционных колец может быть ниже.

Более технологична схема II, где подшипники и зубчатые колеса устанавливаются на разных поверхностях.

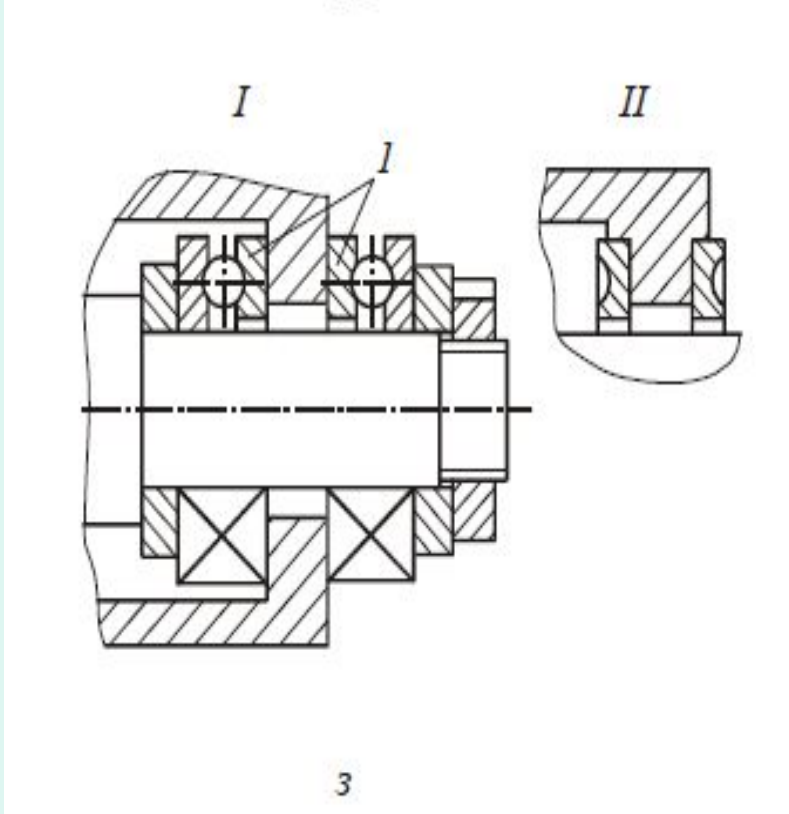
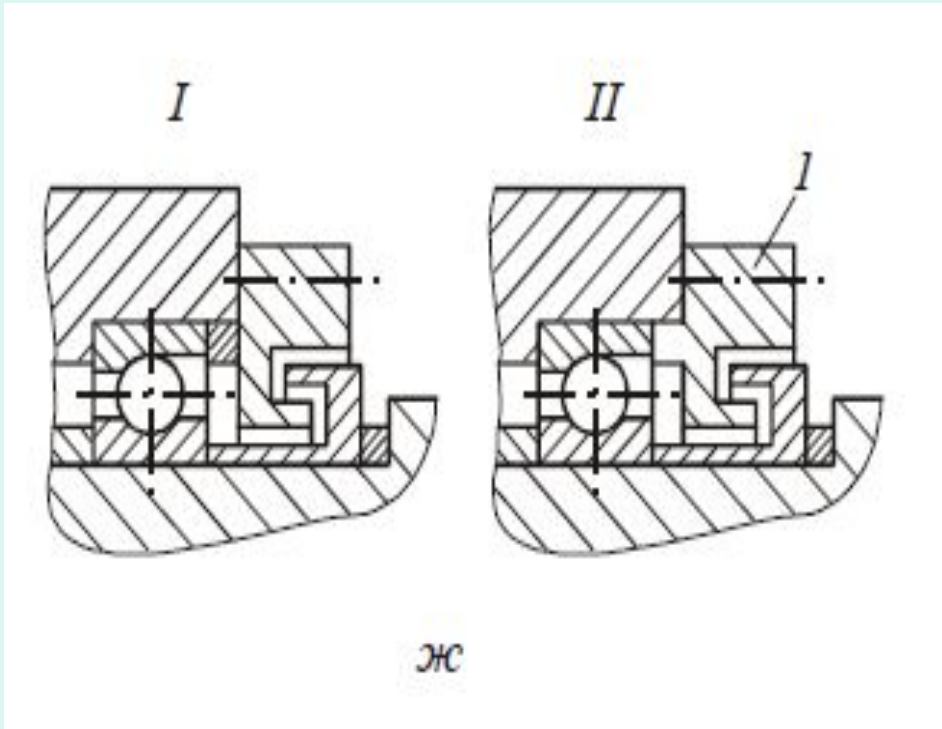
В высокоточных устройствах при сложностях обеспечения точного взаимного положения деталей упрощает сборку использование *самотвердеющих пластмасс*.

На рис. 8.3, e положение стойки 1 – параллельность направляющих стойки относительно оси вращения планшайбы 2 – обеспечивается путем предварительной выставки стойки и заливке зазора между станиной и стойкой самотвердеющей пластмассой 3. Такой же метод применен для обеспечения соосности шпиндельного блока 1 и задней бабки 2 (см. рис. 8.3, e)

Очень важным является *центрирование деталей*, работа которых зависит от правильного положения относительно других деталей. Это относится, например, к лабиринтному уплотнению во фланце 1 (схема II на рис. 8.2, ж), которое хорошо работает только при равномерном кольцеобразном зазоре.

Правильное базирование деталей также является условием качественной сборки. Так, если не предусмотреть базы для кольца упорного подшипника (схема I на рис.8.3, з), может иметь место смещение колец при монтаже и неправильная работа подшипника.

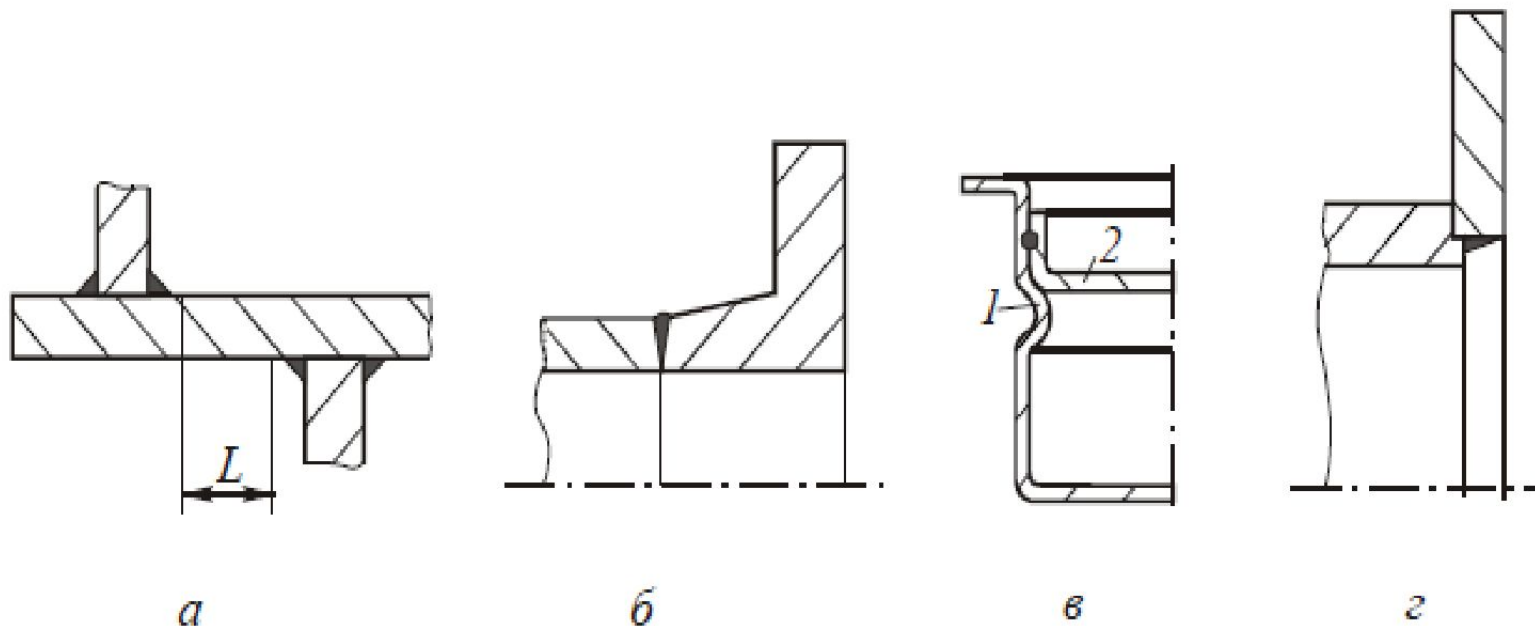
Базирование колец (схема II) устраняет этот недостаток.



## **Соединения деталей**

Любая конструкция представляет собой соединение отдельных элементов - узлов и деталей [6]. Грамотный и удачный выбор вида этих соединений в значительной степени определяет эстетические, прочностные, эксплуатационные, технологические свойства изделий.

Различают неподвижные и подвижные соединения. Неподвижные соединения выполняют неразъёмными (сварные, паяные, клеевые, а также соединения, получаемые в процессе литья или пластического деформирования) и разъёмными (резьбовые, шпоночные, шлицевые).



- При проектировании **сварных конструкций** необходимо учитывать следующие факторы:
  - конструкция и габариты сварного изделия должны позволять проведение термической операции по удалению остаточных напряжений, ответственных за коробление изделия;
  - следует стремиться к симметричному расположению сварных швов, что должно снизить вероятность возникновения сварных деформаций;
  - следует избегать соединения сварных заготовок различной толщины;
  - в конструкциях необходимо использовать наиболее работоспособные и удобно выполняемые типы соединений.
- При конструировании деталей из **пластмасс** необходимо:
  - устранять поднутрения, препятствующие извлечению деталей из пресс-формы;
  - предусматривать технологические уклоны;
  - использовать ребра жесткости;
  - предусматривать радиусы закруглений (устранять острые углы);
  - выбирать рациональную конструкцию армирующих элементов;
  - соблюдать условия равнотолщинности стенок;
  - избегать одностороннего расположения ребер, т. к. это может привести к короблению детали.

**В зависимости от объемов и сложности изделий по ГОСТ 14.004-83 производства подразделяются на единичное, серийное (мелкосерийное, среднесерийное, крупносерийное) и массовое.**

**Под единичным производством понимают выпуск несложных изделий в малых объемах от одного до нескольких десятков штук. Оно характеризуется многономенклатурностью изготавливаемых или ремонтируемых изделий.**

**Для единичного производства характерно:**

**универсальное оборудование и технологическая оснастка, на рабочих местах выполняются разнообразные технологические операции;**

**заготовки невысокой точности и с большими припусками;**

**маршрутная технология и повременная оплата труда;**

**требуемую точность деталей достигают методом пробных ходов и промеров, а сборочных единиц – методом пригонки.**

**Под серийным производством изделий, деталей или заготовок понимают периодическое изготовление сериями с определенным количеством.**

**В зависимости от количества изделий, деталей или заготовок в серии производство условно делят на мелко-, средне-, крупносерийное.**

**Серийное производство характеризуется:**

**А) универсальным, с ЧПУ и специализированным оборудованием;**

**Б) нормальным и специальным режущим и измерительным инструментом;**

**В) применением приспособлений и частичной разметки;**

**Г) внедрением полной и частичной взаимозаменяемости и полное сокращение пригоночных работ;**

**Д) нормированными припусками;**

**Е) разрабатывается технологический процесс (операционный, маршрутно-операционный техпроцесс);**

**Ж) наличием технического нормирования.**

**Под массовым производством изделий, деталей или заготовок понимают изготовление их в массовых количествах по неизменяемым чертежам в течение длительного промежутка календарного времени.**

**Характерными особенностями массового производства являются:**

**А) выполнение на каждом рабочем месте одной закрепленной непрерывно повторяющейся операции;**

**Б) широкое применение специальных и специализированных станков, автоматов, автоматических линий, роторных станков;**

**В) применение высокопроизводительных спецприспособлений;**

**Г) наличие полной взаимозаменяемости и отсутствие разметки;**

**Д) техпроцесс разрабатывается подробно и ведется точное нормирование.**

**Пример: массовое производство в автомобильной, тракторной промышленности.**

## I способ определения типа производства:

Тип производства может быть определен по коэффициенту серийности

$$K_c = \frac{T_B}{T_{шт.ср.}}$$

$T_B$  - такт выпуска,

$T_{шт.ср.}$  - среднее штучное время на операцию.

$$T_{шт.ср.} = \frac{\sum T_{шт} i}{n}$$

$T_{шт} i$  - штучное время, необходимос для выполнения  $i$ -ой технологической операции;

$n$  - число технологических операций.

Если  $K_c < 1$ , производство не в состоянии обеспечить требуемое количество изд. в год. (Надо организовывать 2-3 смешный график работ).

$K_c 1 \dots 2$  - производство массовое;

$K_c = 2,1 \dots 10$  - производство крупносерийное;

$K_c = 10,1 \dots 20$  - производство среднесерийное;

$K_c = 20,1 \dots 40$  - производство мелкосерийное;

$K_c > 40$  - производство единичное.

*Комментарий: на одном и том же заводе (даже в одном цехе), одни изделия изготавливаются единично, другие – мелкосерийно. В таком случае тип производства определяется по преобладающим изделиям.*

**Производственный такт  $T_B$**  - время между выпусками двух промежуточных изделий.

$$T_B = \frac{F_D \cdot 60}{N}$$

где  $F_D$  - действительный годовой фонд времени работы технологического оборудования используемого для производства изделия (часы);  $N$  - годовая программа выпуска изделий.

## **II способ определения типа производства:**

**Коэффициент закрепления операций** рассчитывается по формуле:

$$K_{зз} = \frac{O}{P}$$

где  $O$  – число всех технологических операций, необходимых для выпуска изделия;

$P$  – число рабочих мест или технологического оборудования, используемого для производства изделия.