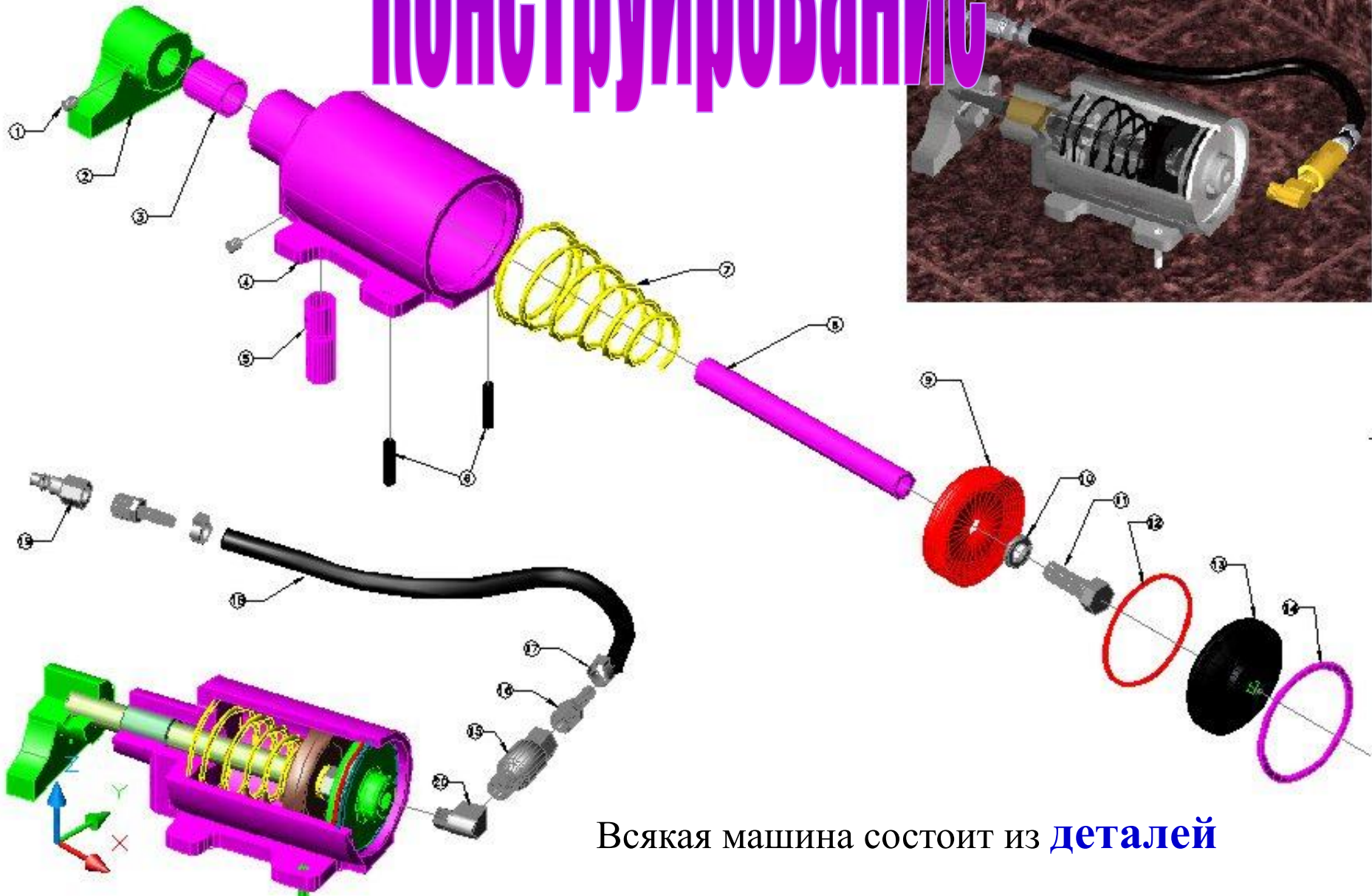
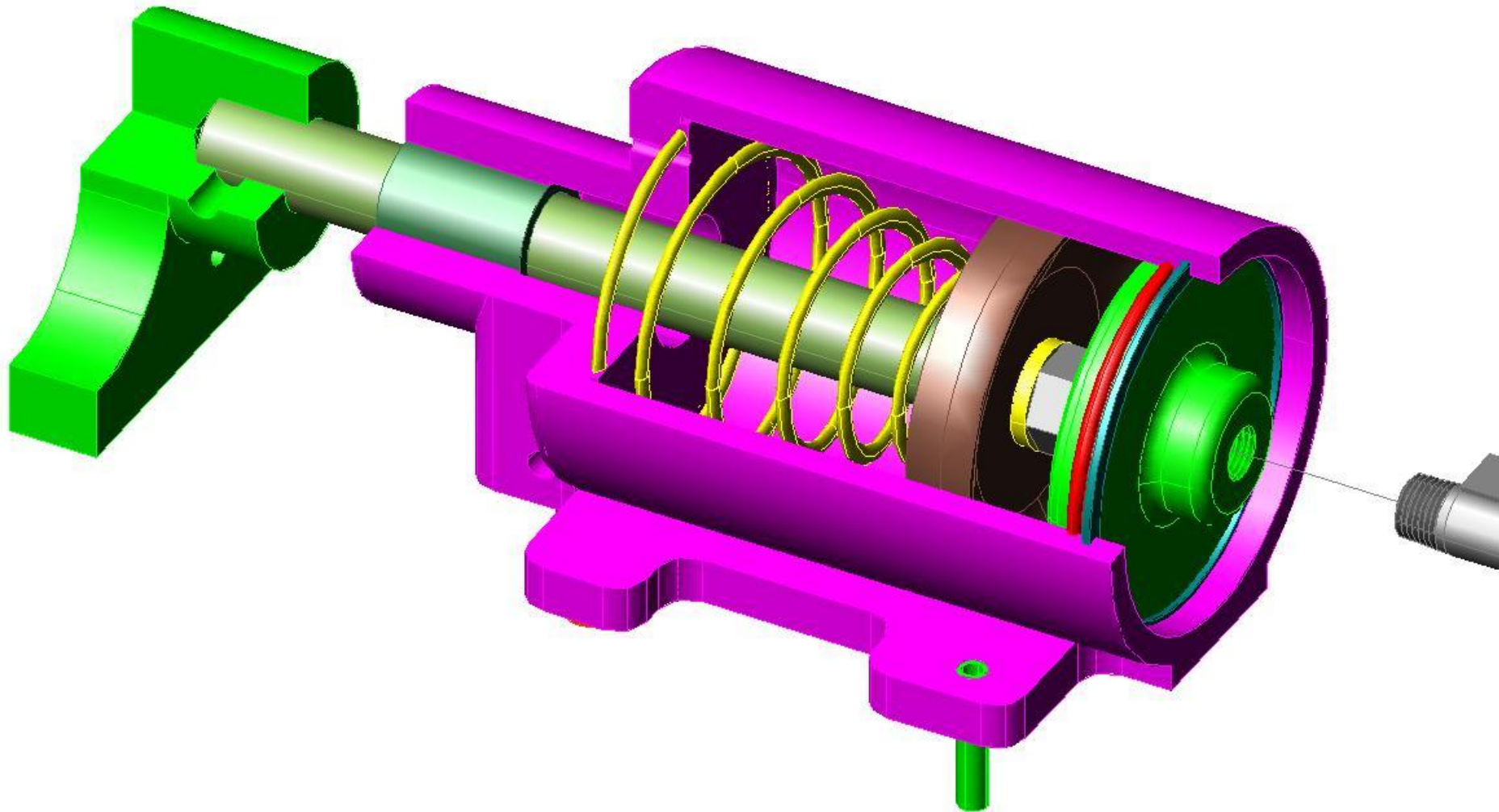


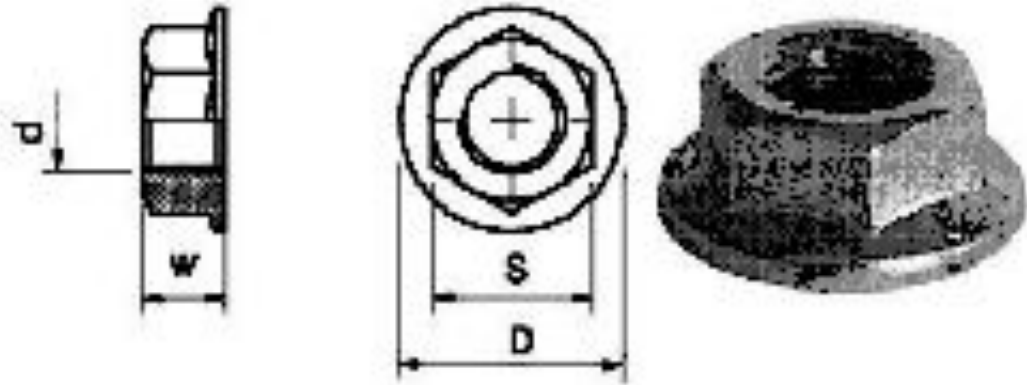
# Конструирование



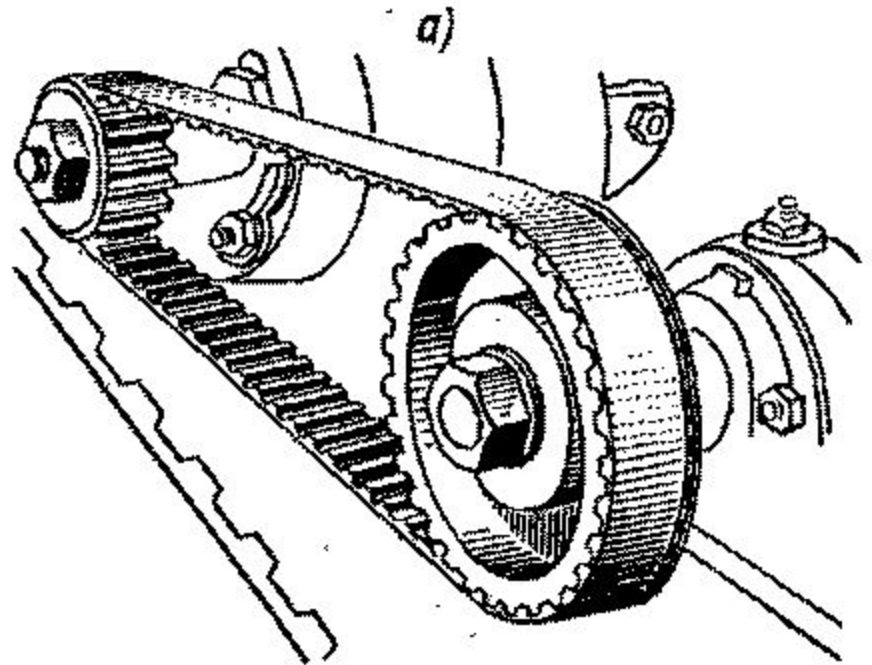
Всякая машина состоит из **деталей**



**Деталь** — изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций, например, винт, гайка, вал.



Комплекс совместно работающих деталей, объединенных общим назначением и по конструкции представляющих собой обособленную единицу, называется **сборочной единицей или узлом**, например, редуктор, муфта.

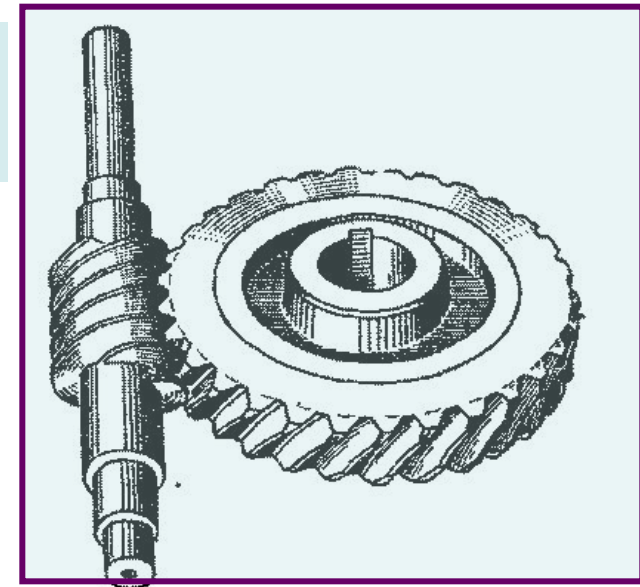
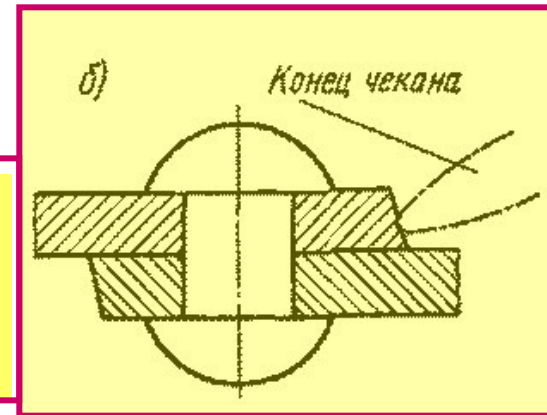
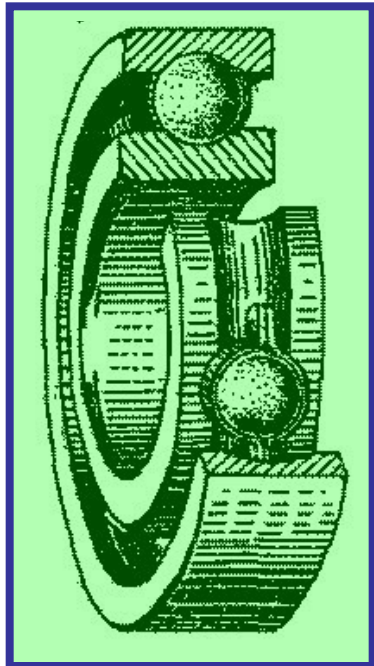


В курсе изучают детали машин и сборочные единицы **общего назначения**, т. е. такие, которые встречаются **во многих машинах**.

Проводится конструирование и оценочный расчет :

**соединений** — заклепочных, сварных, паяных, клеевых, с натягом, резьбовых, клиновых, штифтовых, шпоночных, зубчатых (шлицевых) и профильных (бесшпоночных);

**передач** — фрикционных, ременных, зубчатых, червячных, цепных, винт — гайка;



**несущих и базирующих элементов** — осей, валов, подшипников скольжения и качения, муфт и пружин, уплотнений и устройств смазки.

# ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

## *работоспособность*

***Работоспособность*** — состояние объекта, при котором он способен выполнять заданные функции, сохраняя значения заданных параметров в пределах, установленных нормативно-технической документацией.

Основными критериями работоспособности деталей машин являются: **прочность, жесткость, устойчивость, износостойкость, виброустойчивость и теплостойкость.**

***Прочность деталей*** – под действием приложенных сил детали не должны разрушаться и в них не должны появляться остаточные деформации

***Жесткость деталей*** — Различают объемную (собственную) и контактную жесткость.

При ***объемной*** возникают смещения, обусловленные упругими деформациями всего объема детали

При ***контактной*** жесткости имеют в виду перемещения, связанные только с деформациями поверхностных слоев. Деталь не должна смещаться и перемещаться при возникающих нагрузках больше предельно допустимых значений.

***Устойчивость детали*** — критерий работоспособности длинных и тонких стержней, а также тонких пластин, подвергающихся сжатию силами, лежащими в их плоскости, и оболочек, испытывающих внешнее давление или осевое сжатие. Потеря устойчивости происходит при достижении нагрузкой критического значения при этом происходит резкое качественное изменение характера деформации детали.

***Износостойкость детали*** — критерий работоспособности трущихся деталей машин. В результате износа снижаются коэффициент полезного действия, точность сопряжений, надежность, долговечность и экономичность деталей машин. Износ деталей значительно повышает стоимость эксплуатации машин в связи с необходимостью периодической проверки их состояния и ремонта, что вызывает простои и снижает производительность машин.

***Виброустойчивость деталей***, - способность работать в нужном диапазоне динамических режимов без недопустимых колебаний (достаточно далеких от области резонанса). Вибрирование деталей ухудшает качество работы машины, порождает шум и может вызвать их разрушение.

***Теплостойкость деталей*** — Работа некоторых машин сопровождается тепловыделением. Чрезмерное тепловыделение снижает работоспособность деталей машины и ухудшает качество, ее работы.



# Надёжность

**Надежность** — свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в нужных пределах.

**Надежность**, характеризует способности машины и ее деталей на протяжении определенного срока времени или выполнения требуемой наработки работать без **отказа**.

Событие, связанное с нарушением работоспособности объекта, называется **отказом**

**Надежность** изделия обуславливается его **безотказностью, ремонтпригодностью, сохраняемостью**, а также **долговечностью** его частей.

***Безотказность*** — свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки. Наработка - продолжительность или объем работы объекта.

***Ремонтопригодность*** — свойство объекта, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения его отказов, повреждений и устранению их последствий путем проведения ремонтов и технического обслуживания.

***Сохраняемость*** — свойство объекта непрерывно сохранять исправное и работоспособное состояние в течение и после срока хранения и (или) транспортирования.

***Долговечность*** — свойство объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонтов.

***Резервирование*** – введение резервных (запасных), дублирующих и предохранительных частей или узлов, избыточных по отношению к минимальной структуре детали или механизма, используемых в случае отказа функционирующей части изделия.

# Условия эксплуатации

Для надёжного функционирования механизмов, узлов и деталей необходимо обеспечить стойкость изделий к воздействиям, указанным в условиях эксплуатации изделий

Это могут быть, оговоренные по величине и времени действия, воздействия: *механические, климатические, химические, биологические, радиационные, магнитные, электрические* и др.

*Механические воздействия*, связанные с эксплуатацией и транспортировкой, включают в себя: нагрузки, вибрации, удары.

*Климатические воздействия*, связанные с эксплуатацией и транспортировкой, включают в себя воздействия: температурой, давлением, влажностью, грязью и пылью.

*Химическое воздействие* связано с работой изделий в агрессивных средах.

*Биологическое воздействие* связано с работой изделий в среде содержащей биологические организмы, использующие детали в пищу, как место укрытия или жилище, как враждебный организм.

# Стандартизация деталей машин

**Стандартизация** — установление специальных обязательных норм, называемых стандартами, которым должны соответствовать определенные виды или отдельные параметры продукции

Назначение **стандартизации** — максимальное упрощение и удешевление производства путем использования наиболее целесообразных, зарекомендовавших себя на практике видов изделий, их исполнения, конструктивных форм, размеров, технических и качественных характеристик и некоторых других показателей.

## **Стандартами в машиностроении нормализованы:**

правила оформления машиностроительных чертежей;

ряды чисел, на базе которых устанавливаются линейные размеры, мощности, угловые скорости, грузоподъемные и другие величины;

машиностроительные материалы, их химический состав, основные механические свойства и термообработка;

шероховатость поверхности деталей;

допуски и посадки;

форма и размеры наиболее распространенных деталей и сборочных единиц;

конструктивные элементы многих деталей машин;

диаметры и ширина шкивов.



# Конструкционные материалы

Это материалы, используемые для изготовления деталей машин общего назначения

Основные конструкционные материалы:

стали — железоуглеродистые сплавы с содержанием углерода до 2%;

чугуны — железоуглеродистые сплавы с содержанием углерода свыше 2%;

сплавы цветных металлов;

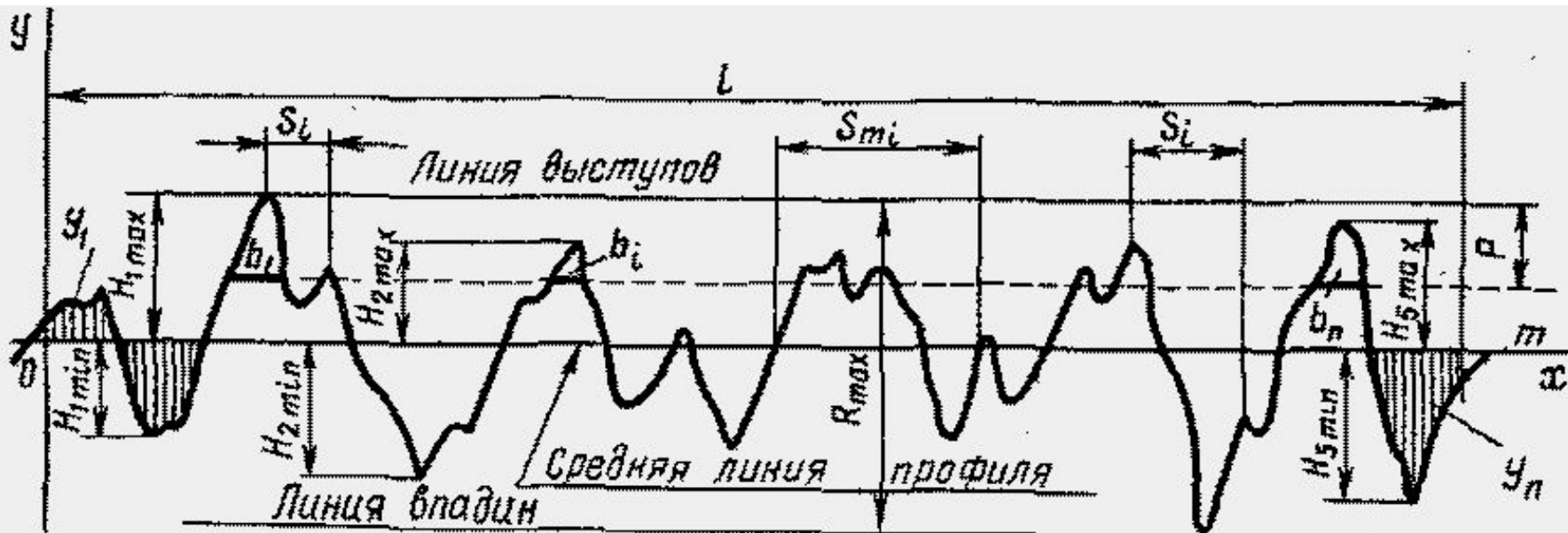
пластмассы и материалы, изготавливаемые на основе высокомолекулярных смол;

для изготовления некоторых деталей применяют дерево, резину, кожу, графит и другие материалы.





Основные параметры шероховатости —  $R_a$  и  $R_z$ .



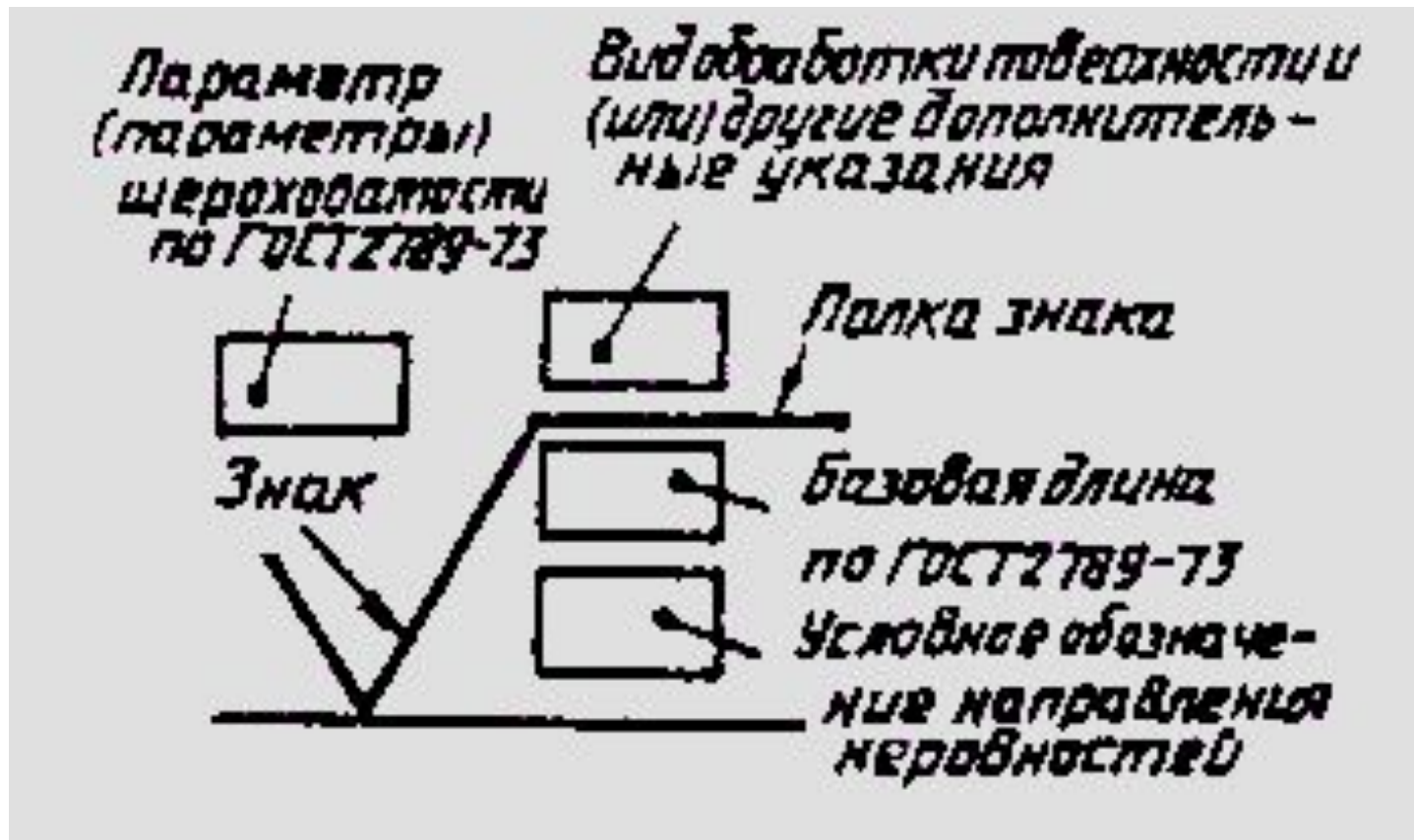
Параметр  $R_a$  — среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины

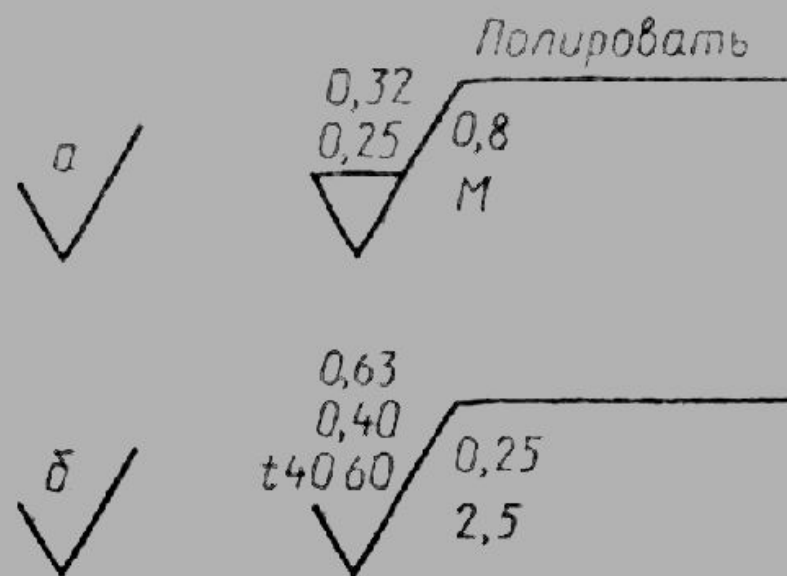
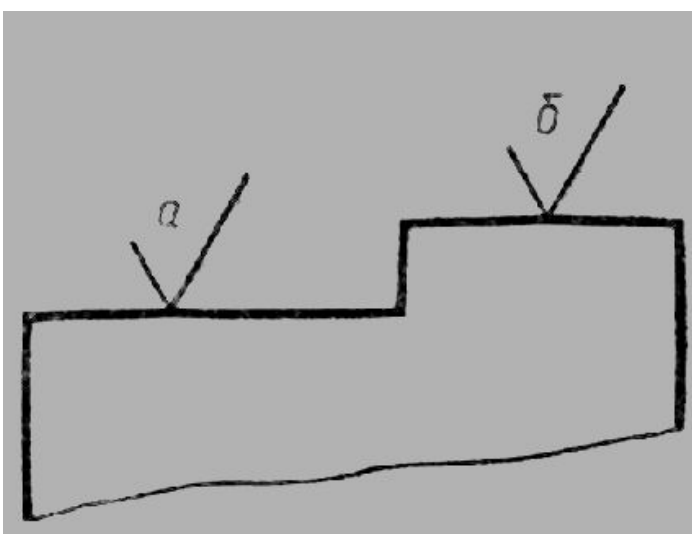
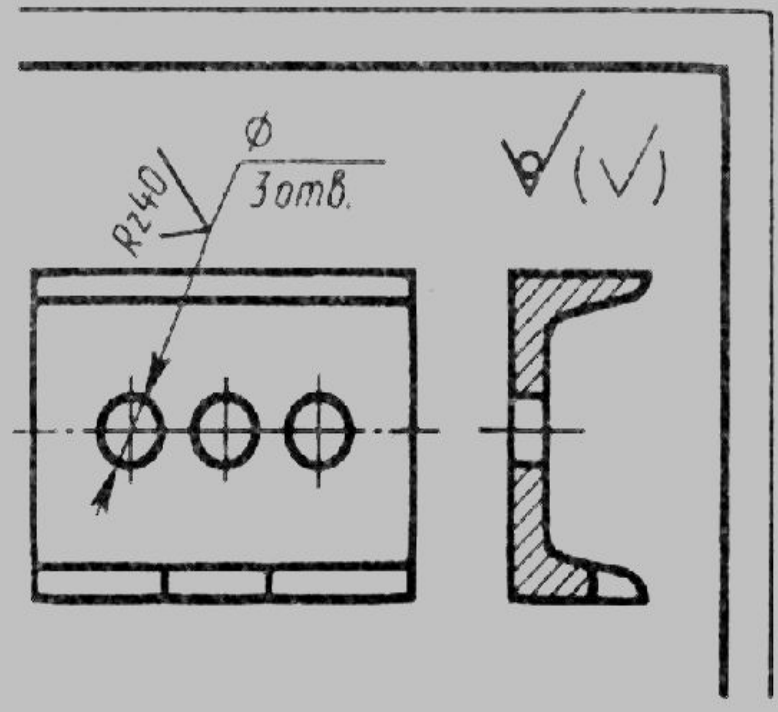
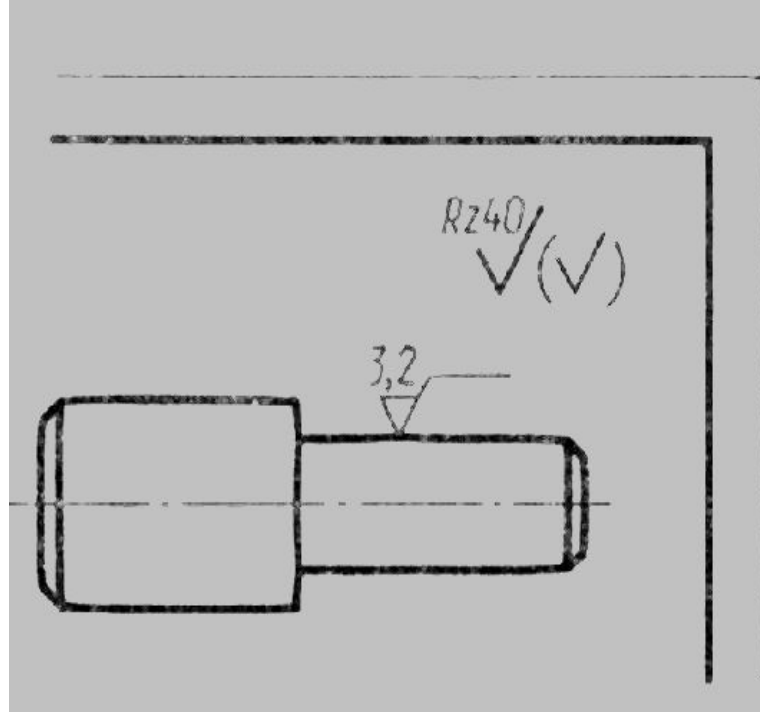
Параметр  $R_z$  — сумма средних арифметических абсолютных отклонений точек пяти наибольших максимумов и пяти наибольших минимумов профиля в пределах базовой длины.

**Таблица 1.1, Сопоставление норм оценки шероховатости поверхностей**

| <b>Базовая длина <math>l</math>, мм</b> | <b>Класс шероховатости</b> | <b><math>R_a</math>, мкм</b> | <b><math>R_z</math>, мкм</b> |
|---|----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 8                                       | 1                          | 80...40                      | 320...160                    |
|   | 2                          | 40...20                      | 160...80                     |
|   | 3                          | 20...10                      | 80...40                      |
|   | 4                          | 10...5                       | 40...20                      |
| 2,5                                     | 5                          | 5...2,5                      | 20...10                      |
|   | 6                          | 2,5...1,25                   | 10...6,3                     |
| 0,8                                     | 7                          | 1,25...0,63                  | 6,3...3,2                    |
|   | 8                          | 0,63...0,32                  | 3,2...1,6                    |
|   | 9                          | 0,32...0,16                  | 1,6...0,8                    |
| 0,25                                    | 10                         | 0,16...0,08                  | 0,8...0,4                    |
|   | 11                         | 0,08...0,04                  | 0,4...0,2                    |
|   | 12                         | 0,04...0,02                  | 0,2...0,1                    |
| 0,08                                    | 13                         | 0,02...0,01                  | 0,1...0,05                   |
|   | 14                         | 0,01...0,008                 | 0,05...0,0025                |

# Обозначение шероховатости поверхностей на рабочих чертежах деталей





# *Допуски и посадки*

Взаимозаменяемость деталей машин обеспечивается системой **допусков и посадок**, нормализованной соответствующими стандартами и представляющей собой развернутую классификацию разрешенных к применению **допусков и посадок**

Стандартная система **допусков и посадок** позволяет применять рациональную посадку деталей машин; выбирать экономически обоснованную точность изготовления деталей машин; организовать взаимозаменяемость деталей машин.

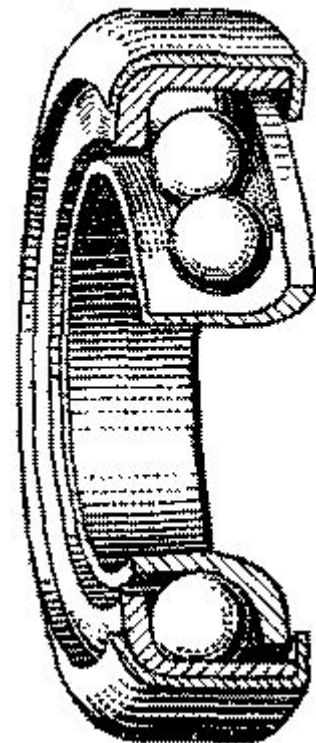


При сборке сопрягаемых деталей входящих одна в другую, различают охватывающую и охватываемую поверхности.

Охватывающую поверхность называют **отверстием**, а охватываемую — **валом**.

Размер сопрягаемых поверхностей отверстия и вала носит общее название номинального размера соединения. Номинальный размер соединения одинаков для **отверстия** и для **вала**.

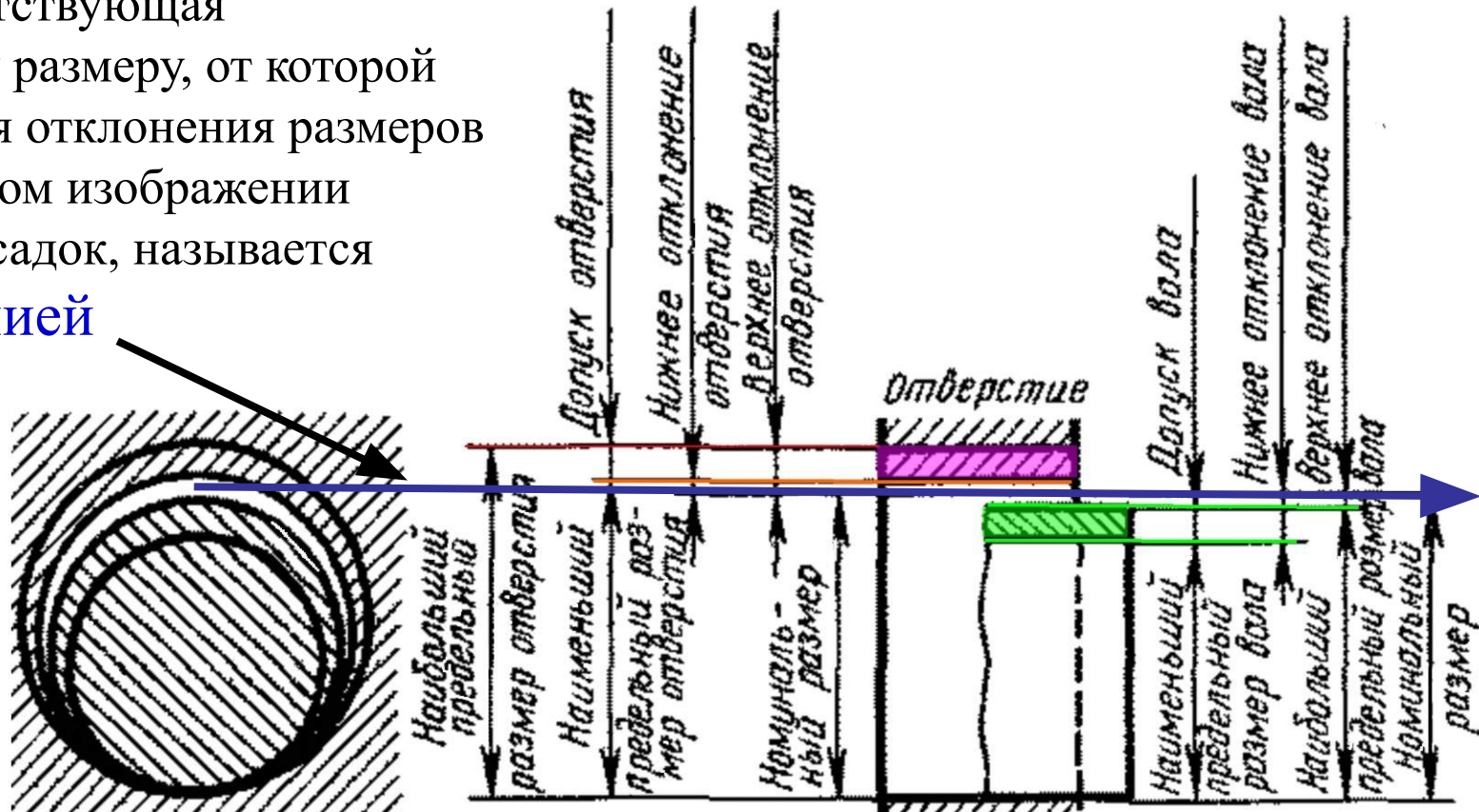
Каждый из размеров сопрягаемых поверхностей выполняют с некоторым допуском. Во избежание брака при механической обработке детали машины, всякий действительный размер ее, получаемый непосредственным измерением, должен находиться между предельными размерами, обусловленными размером допуска.



**Допуском** называется разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами.

Разность между наибольшим или наименьшим предельным размером и номинальным размером называется соответственно **верхним или нижним отклонением**.

Линия, соответствующая номинальному размеру, от которой откладываются отклонения размеров при графическом изображении допусков и посадок, называется **нулевой линией**



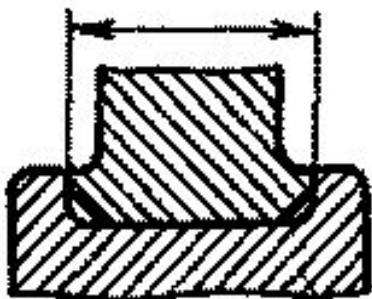
Совокупность допусков, соответствующих одинаковой степени точности для всех номинальных размеров, называется **квалитетом**. Стандартом устанавливается 19 **квалитетов** в порядке уменьшения степени точности: 0,1; 0; 1; 2; ...; 17.

При проектировании деталей машин по экономическим показателям следует принимать **квалитет** самой низкой точности из возможных квалитетов для данного сопряжения деталей машин и наименьшее количество **квалитетов** и **допусков**. Это влечет за собой уменьшение номенклатуры режущего и измерительного инструментов, приспособлений и средств производства деталей машин.

Предельные отклонения линейных размеров могут быть указаны на чертежах одним из трех способов:

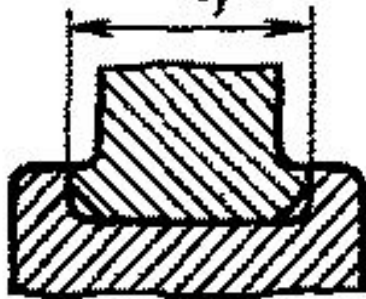
а)

$$50 \frac{H11}{h11}$$



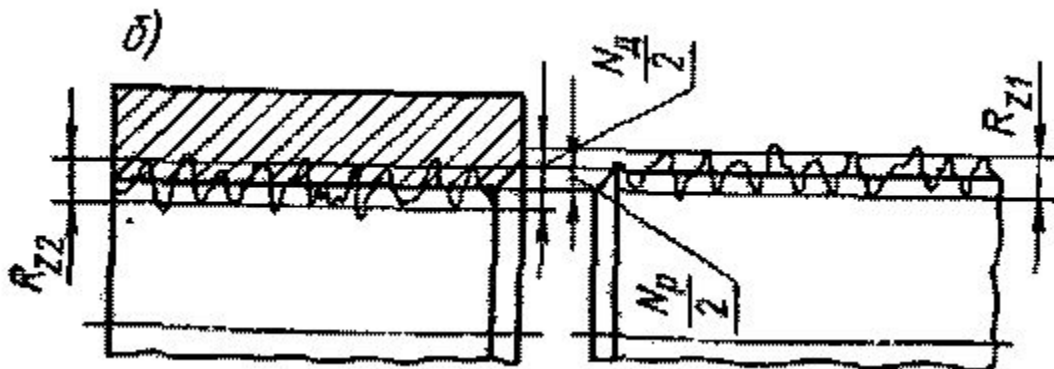
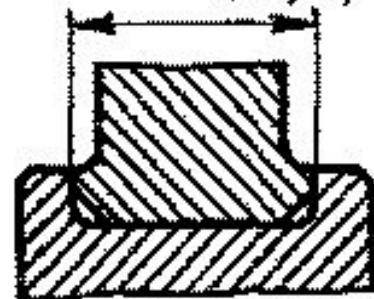
б)

$$50 \begin{array}{c} +0,16 \\ \hline -0,16 \end{array}$$



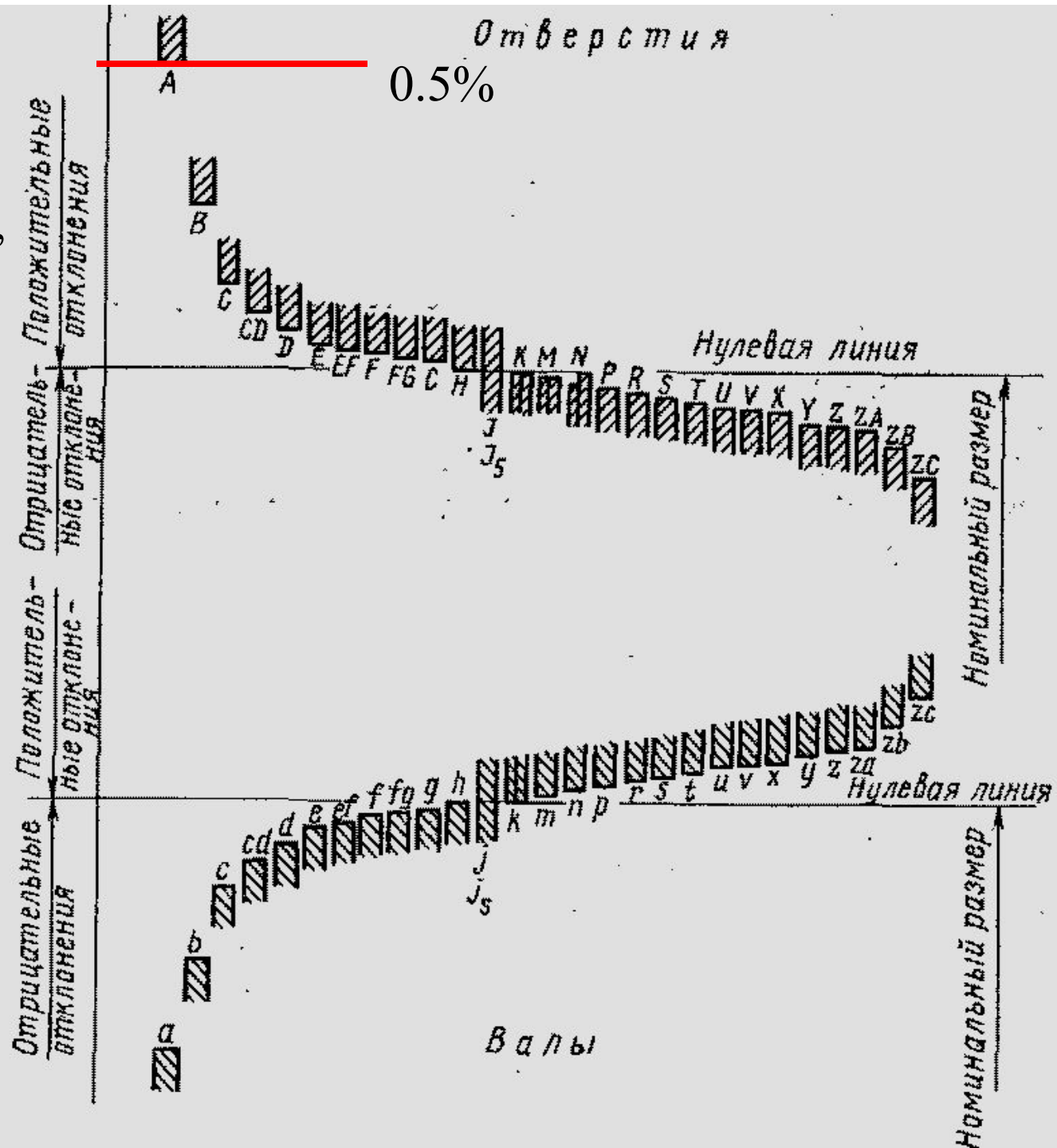
в)

$$50 \frac{H11}{h11} \begin{array}{c} (+0,16) \\ \hline (-0,16) \end{array}$$



Цилиндрическое  
соединение с натягом

Положение поля допуска относительно нулевой линии, зависящее от номинального размера, обозначается буквами латинского алфавита — прописной для отверстий и строчной для валов.



# Основные этапы процесса проектирования

1. Осознание общественной потребности в разрабатываемом изделии (бизнес план).
2. Техническое задание на проектирование (первичное описание).
3. Анализ существующих технических решений.
4. Обсуждение и выработка **технического предложения**
5. Разработка функциональной схемы.
6. Разработка структурной схемы.
7. Метрический синтез механизма (синтез кинематической схемы).
8. Статический силовой расчет.

1. **Эскизный проект.**
2. Силовой расчет с учетом трения.
3. Расчет и конструирование деталей и кинематических пар (прочностные расчеты, уравнивание, балансировка, виброзащита).
4. Технический проект.

1. **Рабочий проект** (разработка рабочих чертежей деталей, технологии изготовления и сборки).
  2. Изготовление опытных образцов.
  3. Испытания опытных образцов.
  4. Технологическая подготовка серийного производства.
- Серийное производство изделия

*Техническое задание* – документ, составляемый совместно заказчиком и разработчиком, содержащий общее представление о назначении, технических характеристиках и принципиальном устройстве будущего изделия.

*Техническое предложение* – дополнительные или уточнённые требования к изделию, которые не могли быть указаны в техническом задании (ГОСТ 2.118-73).



Проектирование машин выполняют в несколько стадий, установленных ГОСТ 2.103-68. Для единичного производства это:

1. Разработка технического предложения по ГОСТ 2.118-73.
2. Разработка эскизного проекта по ГОСТ 2.119-73.
3. Разработка технического проекта по ГОСТ 2.120-73.
4. Разработка документации для изготовления изделия.
5. Корректировка документации по результатам изготовления и испытания изделия.

Работа начинается с того, что заказчик и исполнитель совместно составляют (и подписывают) Техническое Задание. При этом исполнитель должен получить максимум информации о потребностях, пожеланиях, технических и финансовых возможностях заказчика, обязательных, предпочтительных и желательных свойствах будущего изделия, особенностях его эксплуатации, условиях ремонта, возможном рынке сбыта.

Разработка *Технического Предложения* начинается с изучения Технического Задания. Выясняются назначение, принцип устройства и способы соединения основных сборочных единиц и деталей. Всё это сопровождается анализом научно-технической информации об аналогичных конструкциях. Выполняются кинематический расчёт, проектировочные расчёты на прочность, жёсткость, износостойкость и по критериям работоспособности. Из каталогов предварительно выбираются все стандартные изделия – подшипники, муфты и т.п. Выполняются первые эскизы, которые постепенно уточняются. Необходимо стремиться к максимальной компактности расположения и удобства монтажа-демонтажа деталей.

На стадии *Эскизного Проекта* выполняются уточнённые и проверочные расчёты деталей, чертежи изделия в основных проекциях, прорабатывается конструкция деталей с целью их максимальной технологичности, выбираются сопряжения деталей, прорабатывается возможность сборки-разборки и регулировки узлов, выбирается система смазки и уплотнения. Эскизный проект должен быть рассмотрен и утверждён, после чего он становится основой для Технического Проекта. При необходимости изготавливаются и испытываются макеты изделия.

**Технический Проект** должен обязательно содержать чертёж общего вида, ведомость технического проекта и пояснительную записку. Чертёж общего вида по ГОСТ 2.119-73 должен дать сведения о конструкции, взаимодействии основных частей, эксплуатационно-технических характеристиках и принципах работы изделия. Ведомость Технического Проекта и Пояснительная Записка, как и все текстовые документы должны содержать исчерпывающую информацию о конструкции, изготовлении, эксплуатации и ремонте изделия. Они оформляются в строгом соответствии с нормами и правилами ЕСКД

проект приобретает окончательный вид — чертежей и пояснительной записки с расчётами, называемыми **рабочей документацией**, оформленных так, чтобы по ним можно было изготовить изделие и контролировать их производство и эксплуатацию.