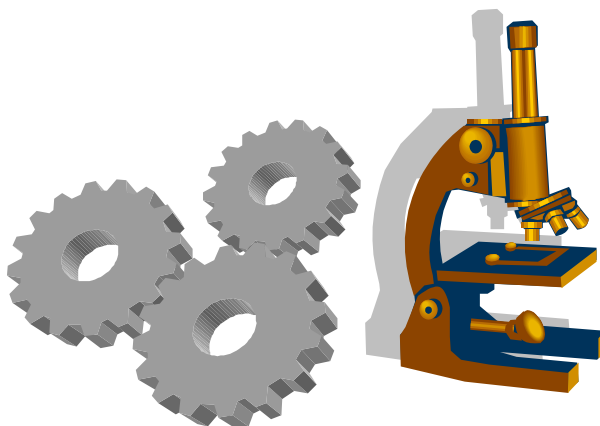


**В.С. Байделюк, Я.С. Гончарова, О.В. Князева**

**МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ:**

**СТАНДАРТИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ НОРМ  
ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ**



**Красноярск 2014**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет»  
КБОУ ВПО «Сосновоборский автомеханический техникум»  
Ассоциация образовательных организаций  
«Сибирский технологический университет»

**В. С. Байделюк**

**Я. С. Гончарова**

**О.В. Князева**

**МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ:  
СТАНДАРТИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ НОРМ  
ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ**

Рекомендовано редакционно-издательским советом СибГТУ в  
качестве учебного пособия для студентов высших и средних учебных  
заведений направлений подготовки

151000.62 (15.03.02) «Технологические машины и оборудования»,  
190100.62 (23.03.02) «Наземные транспортно–технологические комплексы»  
151031 (15.02.01) «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного  
оборудования»,  
190631(23.02.03) «Техническое обслуживание и ремонт автомобильного  
транспорта»,  
151901 (15.02.08) «Технология машиностроения»,  
(очной, очной ускоренной, заочной, заочной ускоренной формы обучения)

Красноярск 2014

Метрология, стандартизация и сертификация: Стандартизация основных норм взаимозаменяемости: учебное пособие для студентов высших и средних учебных заведений направлений подготовки 151000.62 (15.03.02) «Технологические машины и оборудование», 190100.62 (23.03.02) «Наземные транспортно–технологические комплексы», 151031 (15.02.01) «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования», 190631 (23.02.03) «Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта», 151901 (15.02.08) «Технология машиностроения» (очной, очной ускоренной, заочной, заочной ускоренной формы обучения) / сост. В.С. Байделюк, Я.С. Гончарова, О.В. Князева – Красноярск : СибГТУ, 2014. – 156.

Составители: Байделюк Владимир Сидорович,  
Гончарова Яна Сергеевна,  
Князева Оксана Викторовна.

Изложены основные понятия и определения в области стандартизации основных норм взаимозаменяемости; рассмотрены принципы построения системы допусков и посадок, основные нормы взаимозаменяемости типовых соединений деталей машин. Содержит краткое описание и решение примеров и задач по основным разделам курса стандартизации и взаимозаменяемости цилиндрических, шпоночных и шлицевых сопряжений, подшипников качения и расчёт размерных цепей.

Приведены методы обоснования требований к точности основных сопряжений, стандартизации геометрических параметров деталей и шероховатости поверхностей.

Рекомендовано для студентов высших и средних технических учебных заведений.

© Байделюк В.С., Гончарова Я.С., Князева О.В., 2014

© ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет», 2014

© КБОУ ВПО «Сосновоборский автомеханический техникум», 2014

© Ассоциация образовательных организаций «Сибирский технологический университет», 2014

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	7
1 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ТЕРМИНОЛОГИЯ .....	9
1.1 Понятие взаимозаменяемости и её виды .....	9
1.2 Соединение. Отверстие и вал.....	12
1.3 Понятия о размерах, допусках и посадках .....	13
1.4 Принципы построения системы допусков и посадок для типовых соединения машин.....	16
2 ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ И КОНТРОЛЬ ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.....	22
2.1 Единая система допусков и посадок .....	22
2.2 Обозначение предельных отклонений и посадок на чертежах .....	31
2.3 Расчет и выбор посадок с гарантированным натягом .....	34
2.4 Выбор посадок с зазором .....	44
2.5 Выбор переходных посадок .....	46
2.6 Калибры для гладких цилиндрических деталей .....	48
2.7 Допуски и посадки изделий из пластмасс .....	56
2.8 Допуски и посадки изделий из древесины и древесных материалов	56
3 СТАНДАРТИЗАЦИЯ ШПОНОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ.....	57
3.1 Виды шпоночных соединений.....	57
3.2 Выбор посадок шпоночных соединений с призматическими шпонками .....	58
3.3 Контроль шпоночных соединений .....	62
4 СТАНДАРТИЗАЦИЯ ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ .....	63
4.1 Виды шлицевых соединений и их основные параметры.....	63
4.2 Выбор параметров центрирования шлицевых соединений .....	64
4.3 Выбор посадок шлицевых соединений .....	65

4.4 Условные обозначения шлицевых соединений .....	69
4.5 Контроль шлицевых соединений.....	73
5 СОЕДИНЕНИЯ С ПОДШИПНИКАМИ КАЧЕНИЯ .....	74
5.1 Характеристика подшипников качения .....	74
5.2 Классы точности подшипников качения .....	75
5.3 Допуски и посадки подшипников качения.....	76
5.4 Выбор посадок подшипников качения .....	77
5.5 Расчет величины посадочного зазора в подшипнике качения .....	82
5.6 Отклонения формы и шероховатость посадочных поверхностей под подшипники качения .....	84
6 РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ .....	87
6.1 Основные эксплуатационные требования к резьбовым соединениям	87
6.2 Основные параметры крепёжных цилиндрических резьб .....	88
6.3 Общие принципы взаимозаменяемости цилиндрических резьб.....	89
6.4 Система допусков и посадок метрических резьб .....	94
7 ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ.....	101
7.1 Назначение и классификация зубчатых передач .....	101
7.2 Основные параметры эвольвентой зубчатой передачи.....	101
7.3 Эксплуатационные требования, предъявляемые к зубчатой передаче.....	104
7.4 Степени точности зубчатых колес .....	106
7.5 Виды сопряжений зубчатых колёс в зубчатых передачах .....	107
8 РАЗМЕРНЫЕ ЦЕПИ.....	110
8.1 Понятие о размерной цепи .....	110
8.2 Зависимости между размерами звеньев размерной цепи при условии полной взаимозаменяемости .....	113
9 НОРМИРОВАНИЕ И ОБОЗНАЧЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ .....	119

9.1	Термины и определения .....	119
9.2	Выбор параметров шероховатости.....	121
9.3	Обозначение шероховатости на чертежах.....	122
	КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	126
7.5	Виды сопряжений зубчатых колёс в зубчатых передачах .....	127
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	128
	Приложение А(справочное) .....	129
	Таблица А.1 – Модуль упругости и коэффициент Пуассона .....	129
	Таблица А.2 – Средние значения коэффициентов трения $f$ , принятые в расчетах (при охватываемой детали из стали) .....	129
	Таблица А.3 – Предел текучести ( $\sigma_T$ ) и предел прочности на разрыв ( $\sigma_p$ ) различных марок стали и чугуна.....	130
	Таблица А.4 – Значения коэффициентов $K$ , $K_1$ и $K_2$ .....	130
	Таблица А.5 – Величина микронеровностей валов и отверстий.....	131
	Таблица А.6 – Допуски и отклонения гладких калибров, мкм.....	132
	Таблица А.7– Формулы для определения исполнительных размеров калибров .....	134
	Приложение В(справочное)Основные размеры призматических шпонок и сечений пазов .....	135
	Приложение В(справочное) .....	136
	Таблица В.1 – Значения коэффициента $F$ .....	136
	Таблица В.2 – Значения коэффициента $F_A$ .....	136
	Таблица В.3 – Допускаемые интенсивности нагрузок на посадочной поверхности колец подшипников.....	137
	Таблица В.4 – Начальные радиальные зазоры в радиальных однорядных шарикоподшипниках .....	137
	Таблица В.5 – Начальные радиальные зазоры в радиальных подшипниках с короткими цилиндрическими роликами .....	138

Таблица В.6 – Начальные радиальные зазоры в сферических радиальных роликоподшипниках.....	138
Таблица В.7 – Посадки подшипников при местном нагружении колец.....	139
Приложение Г(справочное) .....	140
Таблица Г.1– Поля допусков валов для образования посадок при размерах от 1 до 500 мм.....	140
Таблица Г.2 – Поля допусков отверстий для образования посадок при размерах от 1 до 500 мм .....	141
Таблица Г.3– Посадки в системе отверстий для размеров от 1 до 500 мм .....	142
Таблица Г.4 – Рекомендуемые посадки в системе вала при номинальных для размеров от 1 до 500 мм .....	143
Приложение Д(справочное) Возможные варианты простановки на чертежах размеров, отклонений, шероховатости .....	144
Приложение Е (справочное) Размеры допусков в мкм (ГОСТ 25346–82).....	146
Приложение Ж (справочное) Значения основных отклонений валов по (ГОСТ 25346–82), мкм.....	147
Приложение И (справочное) Значения основных отклонений отверстий по (ГОСТ 25346–82), мкм .....	151
Приложение К (справочное) Основные размеры прямобочных шлицевых соединений, мм (по ГОСТ 1139–80).....	154
Приложение Л (справочное) Точность размеров колец шариковых и роликовых радиальных и шариковых радиально–упорных подшипников классов 0, 6 и 5 .....	156
Приложение М(справочное) Перечень ключевых слов .....	157

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Метрология, стандартизация и сертификация» в Федеральных государственных образовательных стандартах направлений подготовки бакалавров **151000.62 (15.03.02)** «Технологические машины и оборудование», **190100.62 (23.03.02)** «Наземные транспортно-технологические комплексы», **151031 (15.02.01)** «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования», **190631(23.02.03)** «Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта», **151901 (15.02.08)** «Технология машиностроения», по своему содержанию является комплексной, междисциплинарной, объединяющей дисциплины инженерной подготовки: теория механизмов и машин, сопротивление материалов, детали машин, технология машиностроения, основы конструирования и проектирования машин.

Сведения, полученные студентами при изучении дисциплины, практически осваиваются, закрепляются и развиваются при последующем использовании в дисциплинах профессиональной подготовки, в курсовых работах и проектах, а также при выполнении выпускных квалификационных работ.

Дисциплина состоит из трех взаимосвязанных дисциплин: метрология, стандартизация и взаимозаменяемость, сертификация.

Учитывая специфику деятельности выпускников при изучении дисциплины на аудиторных занятиях больше внимания уделяется разделам «Метрология» и «Стандартизация и взаимозаменяемость». Раздел «Сертификация» в большей мере вынесен на самостоятельное изучение как более простой в усвоении.

Справочные таблицы, приведенные в учебном пособии, дают полное представление о структуре таблиц в стандартах и построении справочников по допускам и посадкам. Включенные в пособие данные соответствуют действующим стандартам.

Успешное освоение курса дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» студентами направлений: **151000.62 (15.03.02)** «Технологические машины и оборудования» Профиль подготовки «Машины и оборудование лесного комплекса», «Оборудование нефтегазопереработки», «Технологическое оборудование химических и нефтехимических производств», «Машины и аппараты пищевых



производств» способствует формированию следующих профессиональных компетенций: ПК 3: способен участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции;

ПК 13: готов выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов с использованием типовых методов контроля качества выпускаемой продукции;

ПК 23: способен разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно–конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам;

190100.62 (23.03.02) «Наземные транспортно–технологические машины и комплексы» способствуют формированию следующих профессиональных компетенций:

ПК 9: способен в составе коллектива исполнителей участвовать в разработке проектов технических условий, стандартов и технических описаний наземных транспортно–технологических машин.

ПК 14: способен в составе коллектива исполнителей участвовать в организации технического контроля при исследовании, проектировании, производстве и эксплуатации наземных транспортно–технологических машин и их технологического оборудования;

ПК 12: способен участвовать в осуществлении поверки основных средств измерений при производстве и эксплуатации наземных транспортно–технологических машин.

# 1 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ТЕРМИНОЛОГИЯ

## 1.1 Понятие взаимозаменяемости и её виды

На современных машиностроительных заводах серийного и массового производства процессы изготовления деталей и их сборки в отдельные узлы и машины осуществляются в разных цехах. При этом используются стандартные крепежные детали, подшипники качения, резинотехнические и электрические изделия, получаемые по кооперации от других предприятий. Несмотря на это, сборка узлов и машин должна производиться без пригонки деталей, что возможно лишь тогда, когда они выполняются взаимозаменяемыми деталями.

**Взаимозаменяемость** свойство независимо изготовленных с заданной точностью деталей и узлов изделий обеспечивать возможность беспригоночной сборки (или замены при ремонте) сопрягаемых деталей в узел, а узлов в изделие при соблюдении предъявляемых к ним требований. Иными словами, признаками взаимозаменяемости являются:

1) беспригоночная собираемость независимо изготовленных и затем соединяемых деталей и сборочных единиц. Например, вал должен входить во втулку (независимо от него изготовленную); болт должен свинчиваться с гайкой без каких-либо подгоночных работ;

2) полученное в результате сборки (или замены при ремонте) соединение должно соответствовать техническим условиям, удовлетворять эксплуатационным требованиям. Например, между втулкой и валом должен быть установленной величины зазор, обеспечивающий требуемую свободу их взаимного перемещения, или, наоборот, натяг, обеспечивающий достаточную прочность, в резьбе должно быть обеспечено определенное прилегание витков, от которого зависит прочность и долговечность.

Различают **полную** и **неполную** (ограниченную) взаимозаменяемость.

**Полная** взаимозаменяемость обеспечивается выполнением геометрических, электрических и других параметров деталей с точностью, позволяющей производить сборку (или замену при ремонте) любых деталей и составных частей узлов без какой бы то ни было

дополнительной обработки, подбора или регулировки и получать изделие требуемого качества.

**Полная** взаимозаменяемость обладает следующими достоинствами:

- упрощается процесс сборки, он сводится к простому соединению деталей рабочими невысокой квалификации;
- сборочный процесс точно нормируется во времени, легко укладывается в установленный темп работы и может быть организован поточным методом; создаются условия для автоматизации процессов сборки и изготовления изделий;
- возможны широкая специализация и кооперация заводов;
- упрощается ремонт изделий, так как любая износившаяся, сломанная деталь или узел могут быть заменены новыми (или запасными).

Полную взаимозаменяемость экономически целесообразно применять для деталей средней точности и составных частей изделий, состоящих из небольшого количества деталей, например, из двух, образующих то или иное соединение, а также в тех случаях, когда несоблюдение заданных зазоров или натягов недопустимо даже у части изделий.

При **неполной** взаимозаменяемости, которая может осуществляться по отдельным геометрическим, электрическим или другим параметрам, допускается групповой подбор деталей (селективная сборка, например, плунжерных пар топливных насосов высокого давления), применение компенсаторов или регулирование положения некоторых частей машин (например, регулирование зазора в клапанном механизме двигателя внутреннего сгорания), пригонка и другие дополнительные технологические процессы.

Метод неполной взаимозаменяемости применяется в изделиях, содержащих соединения высокой точности (плунжерная пара), в многозвенных соединениях (клапанный механизм двигателя) и по технологическим причинам, когда добиться полной взаимозаменяемости невозможно или экономически нецелесообразно.

Различают также **внешнюю и внутреннюю** взаимозаменяемость.

**Внешняя** взаимозаменяемость – взаимозаменяемость покупных и кооперируемых изделий (монтируемых в другие, более сложные изделия) и узлов по эксплуатационным показателям, размерам и форме присоединительных поверхностей, по которым взаимозаменяемые узлы

основного изделия соединяются между собой и с покупными и кооперируемыми агрегатами. Например, в электродвигателях внешняя взаимозаменяемость осуществляется по числу оборотов вала, мощности и по размерам присоединительных поверхностей.

**Внутренняя** взаимозаменяемость распространяется на детали, составляющие отдельные узлы, или на составные части и механизмы, входящие в изделие. Например, в подшипнике качения внутренней групповой взаимозаменяемостью обладают тела качения и кольца.

Значительному росту качества изделий и экономичности их производства способствует развивающееся в последнее время направление **функциональной взаимозаменяемости**. Это направление основано на тесной увязке эксплуатационных показателей изделий с определенными их функциональными параметрами.

Функциональными являются геометрические, электрические, механические и другие параметры, влияющие на эксплуатационные показатели изделий, или служебные функции их деталей и составных частей (узлов). Например, от величины зазора между поршнем и цилиндром (функционального параметра) зависит мощность двигателя (эксплуатационный показатель), а в поршневых компрессорах – весовая и объемная производительность. Эти параметры названы функциональными, чтобы подчеркнуть их связь со служебными функциями деталей, узлов (блоков) и изделий.

Функциональная взаимозаменяемость может быть только полной. Например, при замене резца одинакового назначения с одинаковыми геометрическими параметрами режущей части и державки, но из разных материалов режущей части функциональная взаимозаменяемость не обеспечивается, т.к. резцы будут обладать различными эксплуатационными показателями.

**Размерная взаимозаменяемость** – это взаимозаменяемость по присоединительным размерам. Например, при замене вышедшего из строя электродвигателя новый устанавливают на то же место (полная взаимозаменяемость в отношении размеров).

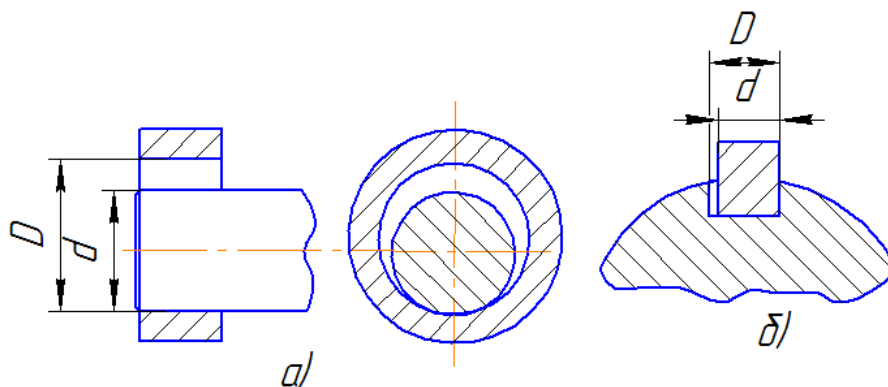
**Параметрическая взаимозаменяемость** – это взаимозаменяемость по выходным параметрам, т. е. взаимозаменяемость, при которой обеспечивается необходимая точность выходных параметров без дополнительной регулировки, подгонки и т. п. Заменяемый двигатель должен обладать взаимозаменяемостью не только по присоединительным

размерам, но и взаимозаменяемостью по мощности, частоте вращения вала, рабочему напряжению и т. п.

## 1.2 Соединение. Отверстие и вал

Машины и механизмы состоят из деталей, которые в процессе работы должны совершать относительные движения или находиться в относительном покое. В большинстве случаев детали машин представляют собой определенные комбинации геометрических тел, ограниченных поверхностями простейших форм: плоскими, цилиндрическими, коническими и т.д. Это объясняется широким использованием в механизмах низших пар и технологическими соображениями, т.к. существующие станки приспособлены в основном для обработки простейших поверхностей и их комбинаций. Простейшие геометрические тела, составляющие детали, называются элементами деталей.

Две детали, элементы которых входят друг в друга, образуют **соединение**. Такие детали называются **сопрягаемыми деталями**, а поверхности соединяемых элементов – **сопрягаемыми поверхностями**.



*а) гладкое цилиндрическое; б) плоское*

**Рисунок 1.1 – Соединение деталей**

Поверхности тех элементов деталей, которые не входят в соединение с поверхностями других деталей, называются **несопрягаемыми поверхностями**. Соединения подразделяются по геометрической форме сопрягаемых поверхностей. Соединение деталей, имеющих сопрягаемые цилиндрические поверхности с круглым поперечным сечением, называется **гладким цилиндрическим** (рисунок 1.1, а). Если сопрягаемыми поверхностями каждого элемента соединения являются две параллельные

плоскости, то соединение называется **плоским соединением** с параллельными плоскостями или просто плоским (рисунок 1.1, б).

В соединениях элементов двух деталей один из них является внутренним охватывающим, а другой – наружным охватываемым. В системе допусков и посадок гладких соединений всякий наружный элемент условно называют **валом** (обозначается  $d$ ), а всякий внутренний – **отверстием** (обозначается  $D$ ). Термины “отверстие” и “вал” применяются и к несопрягаемым элементам.

### 1.3 Понятия о размерах, допусках и посадках

Количественно геометрические параметры деталей оценивают посредством размеров. Определения даются по ГОСТ 25346–89 "Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений".

**Размер** – числовое значение линейной величины (диаметр, длина и т.д.) в выбранных единицах измерения (в машиностроении обычно в миллиметрах).

По назначению различают размеры, определяющие величину и форму детали: **координирующие размеры**, определяющие необходимое для правильной работы механизма взаимное положение ответственных поверхностей и осей деталей: **сборочные и монтажные размеры**, характеризующие наложение узлов по присоединительным размерам. Кроме того, могут быть **технологические размеры**, необходимые непосредственно для изготовления деталей и их контроля.

Разность размеров отверстия и вала до сборки определяет характер соединения деталей, или **посадку**, т.е. большую или меньшую свободу относительного перемещения деталей или степень сопротивления их взаимному смещению. Разность размеров отверстия и вала, если размер отверстия больше размера вала, называется зазором (рисунок 1.2, а)

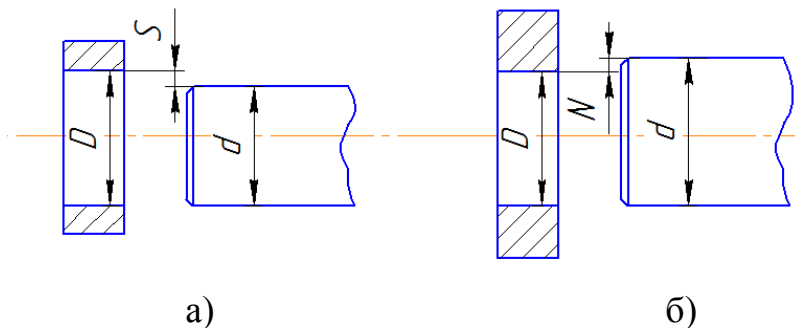
$$S = D - d. \quad (1.1)$$

Зазор характеризует большую или меньшую свободу относительного перемещения деталей соединения.

Разность размеров вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия, называется **натягом** (рисунок 1.2, б)

$$N = d - D \quad (1.2)$$

В необходимых случаях зазор может быть выражен как натяг со знаком минус ( $S = -N$ ), а натяг – как зазор со знаком минус ( $N = -S$ ).



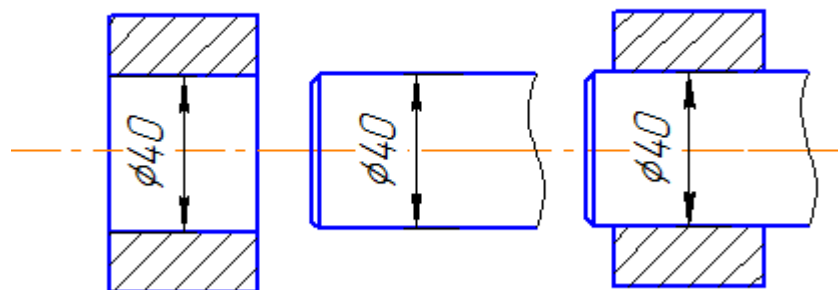
*а) с зазором; б) с натягом*

**Рисунок 1.2 – Посадки**

В машиностроении различают номинальный, действительный и предельные размеры.

**Номинальный размер** – это окончательно принятый в процессе проектирования и проставленный на чертежах размер детали или соединения (рисунок 1.3).

Он получается в результате расчета на прочность и жесткость и выбирается округлением, как правило, в большую сторону из стандартного ряда нормальных размеров в соответствии с указаниями ГОСТ 6636–69 Нормальные линейные размеры. Проставляемые на чертежах размеры в действительности отличаются от размеров конкретных деталей, изготовленных по этому чертежу, то есть от действительных размеров, которые определяются с помощью технических измерений.



**Рисунок 1.3 – Номинальный размер деталей и соединения**

**Действительным размером** называется размер, установленный измерением детали с допускаемой погрешностью.