

Курс лекций по предмету

«ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ»

Рекомендуемая литература.

1. Колесов И.М. Основы технологии машиностроения: Учебник для машиностроительных вузов. – М.: Машиностроение, 1997. – 592 с.: ил.
2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т./Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985.

1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Технология машиностроения – отрасль науки, занимающаяся изучением связей и закономерностей, действующих в процессе создания машин.

Основные направления развития ТМ:

- 1) изучение связей и закономерностей протекания технологических процессов механической обработки деталей и сборки машин. Выявление параметров, воздействуя на которые можно повысить производительность и/или обеспечить качество при минимальных затратах времени, труда и материалов;
- 2) ускорение этапа ТПП (технологическая подготовка производства). В реальных условиях России время от выдачи ТЗ до серийного выпуска – 5...7 лет. Для Японии – 0,5...2 года.

ВАЖНО

Задачей ТМ является не повышение, а обеспечение качества согласно ТЗ. При превышении требований качества, указанных в ТЗ, дополнительные затраты производителя не будут оплачены.

Задачей ТМ является выпуск изделий заданного качества, установленного программой количества и сроков выполнения заказа с минимально возможной себестоимостью в данных производственных условиях.

Основные задачи ТМ на данном этапе.

1. Довести обновление активной части производственных фондов до 10 ... 12% ежегодно.

Долговечность станка в среднем составляет 8 ... 10 лет.

В Японии обновление производственных фондов – 5 ... 7 лет.

В США, Германии – 7 ... 8 лет.

В РФ (середина 90-х годов) – 20 ... 40 лет.

2. Сократить период технологической подготовки производства (ТПП) в 3 ... 4 раза (от 5 ... 7 лет до 1,5 ... 2 лет).

Конструкторские и технологические решения, заложенные в изделие, со временем теряют рыночную стоимость. Появляются аналоги конкурентов. Чем быстрее удастся выпустить на рынок продукцию с последними достижениями науки и техники, тем большую прибыль можно получить.

Пример. Автомобиль Лада «Калина». Для производителя это новая продукция, для рынка уже морально устаревшая.

3. Обеспечить, чтобы новая техника по качеству, производительности и надежности превосходила более чем в 1,5 ... 2 раза существующие аналоги.

Выпуск на рынок новой продукции незначительно превосходящей аналоги сопряжен со значительным риском – продукция может быть не востребована рынком и затраты на ее проектирование и изготовление не окупятся.

4. Совершенствовать ремонтное производство, эксплуатационное обслуживание оборудования, а также обучение персонала работе на новом оборудовании. Целесообразнее фирменный сервис и ремонт.

Справка. Анализ работы предприятий РФ в середине 90-х годов показал, что выход из строя станков и оборудования на 60 ... 70 % по вине персонала. На западе в 10 раз меньше.

5. Широкое внедрение автоматизации. Переход от «островковой» автоматизации к комплексной.

Широкое внедрение ГАП (гибкое автоматизированное производство), ГПС (гибкие производственные системы), ПР (промышленные роботы), роторных линий и др.

Автоматизация позволяет получать стабильное качество продукции и минимизировать влияние «человеческого» фактора, а также повысить коэффициент сменности.

6. Снизить металлоемкость станков и машин до 15 ... 20%, уменьшить расход черных и цветных металлов. В РФ в середине 90-х годов выплавка стали и чугуна значительно превосходила США, но машин выпускалось в 2 раза меньше.

Следует расширять использование новых высокопрочных материалов со специальными свойствами.

7. Повысить коэффициент сменности от 1,2 ... 1,4 до 1,6 ... 1,9. Для автоматизированного производства коэффициент сменности должен быть выше – 2,4 ... 2,5. Данные приведены в среднем по машиностроительной отрасли РФ на середину 90-х годов.

Решение этой задачи позволит значительно повысить эффективность использования производственных фондов.

Моральная долговечность технологического оборудования в современных рыночных условиях, как правило, не превышает 10 лет, тогда как физическая существенно больше. При односменном рабочем дне технологическое оборудование не успевает выработать свой ресурс. А за этот период появляются более производительные станки, обеспечивающие более высокую точность. Использование морально устаревшего оборудования становится экономически не целесообразным. Поэтому приходится списывать оборудование еще не выработавшее свой ресурс. Повышение коэффициента сменности позволяет выработать весь ресурс оборудования до наступления его морального износа. В этом случае оборудование успевает окупиться и принести прибыль.

Повышается стабильность точностных параметров изготавливаемых деталей. В процессе работы жесткость станка изменяется и стабилизируется при входе в режим теплового баланса. Чтобы станку войти в режим теплового баланса требуется 2 ... 3 часа его работы.

Технологическое оборудование в идеале должно работать 24 часа в сутки!

Повышение коэффициента сменности позволяет снизить используемые площади при сохранении объема производства.

8. Повысить производительность труда, снизить трудоемкость.

1.1. ПОНЯТИЕ О МАШИНЕ И ЕЕ СЛУЖЕБНОМ НАЗНАЧЕНИИ

В самом общем понятии машина – механизм или сочетание механизмов, осуществляющих определенные целесообразные действия для преобразования энергии, выполнения работ или же передачи, хранения, обработки информации.

В технологии машиностроения (ТМ) машина рассматривается как объект или средство производства.

Под служебным назначением машины понимают четко сформулированную, максимально уточненную задачу, для решения которой предназначена машина.

Пример.

Автомобиль, стиральная машина.

Формулировка служебного назначения (СН) машины должна содержать подробные сведения, конкретизирующие общую задачу и уточняющие условия, при которых эта задача может быть решена.

Таким образом, СН должно содержать не только качественное, но и количественное описание показателей, определяющих конкретные функции машины и ее условия работы.

1.2. КАЧЕСТВО И ЭКОНОМИЧНОСТЬ МАШИНЫ

Под качеством машины понимают совокупность ее свойств, обуславливающих способность выполнять свое СН.

Качество продукции – сложный комплексный показатель, характеризующий способность изделия выполнять определенные функции в течении определенного времени в определенных условиях.

Качество машины характеризуется следующими показателями качества:

1. Качество продукции, производимой машиной (для машин, рассматриваемых как средство производства);

2. Технический и технологический уровень машины:

КПД, металлоемкость, мощность, производительность, технологичность и др.

3. Эксплуатационный уровень машины (изделия):

надежность, экономичность, удобство управления, экологичность, эргономичность и др.

Надежность изделий (ГОСТ 27002-83) является одним из главных показателей качества.

Надежность – свойство изделия, характеризующееся способностью выполнять заданные функции при сохранении параметров в заданных пределах.

Надежность характеризуется безотказностью, долговечностью, ремонтпригодностью и сохраняемостью.

Безотказность – свойство изделия непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки ресурса.

Основной показатель – вероятность безотказной работы.

Долговечность – свойство изделия сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при правильной эксплуатации, обслуживании, ремонте.

Предельное состояние наступает в следующих случаях:

1. выход из строя базовой детали изделия,
2. невозможность эксплуатации по технике безопасности и др.,
3. нецелесообразность эксплуатации по технико-экономическим показателям (имеется более совершенная машина).

Основная характеристика долговечности – ресурс.

Различают физическую и моральную долговечность.

Ремонтпригодность – свойство машины, которое заключается в приспособленности к предупреждению, быстрому обнаружению и ликвидации причин отказов.

Основной показатель – время восстановления, которое включает отыскание причин отказа и его ликвидацию.

Сохраняемость – свойство машины сохранять основные показатели долговечности, безотказности, ремонтпригодности в течение (и после) хранения и транспортировки при соблюдении установленных требований.

Таким образом, к показателям качества машины относят ее свойства, обуславливающие способность выполнять свое СН.

Качество машины иллюстрируется схемой представленной на рис. 1.1.



Рис. 1.1. Схема формирования качества машины.

В проектирование, изготовление, обслуживание, эксплуатацию и ремонты вкладывается конкретный труд, энергия, материалы (сырье) и технические средства. Все это вместе взятое образует стоимостное свойство машины – ее экономичность Э.

Экономичность машины определяется суммами затрат на проектирование $Z_{пр}$, изготовление $Z_{изг}$, эксплуатацию $Z_{э}$, техническое обслуживание $Z_{т.о.}$ и ремонты $Z_{рем.}$, отнесенными к количеству продукции N , произведенной за период ее службы:

$$\mathcal{E} = \frac{Z_{пр} + Z_{изг} + Z_{э} + Z_{т.о.} + Z_{рем.}}{N}, \text{ руб/год} \quad (1)$$

Между показателями качества и экономичности существуют определенные связи, приводящие к влиянию одних на другие. Так, например, повышение надежности машины, сокращает затраты на устранение отказов, техническое обслуживание и ремонты, но с другой стороны повышает затраты на проектирование, материалы (применяются более качественные и дорогие) и изготовление машины.

От качества проектирования машины во многом зависит потребление машиной энергии, топлива на единицу производимой продукции (КПД, производительность) характеризующее ее экономичность.

Увеличение затрат на проектирование и изготовление снижают затраты на обслуживание, расход энергии и др. и наоборот. Однако необходимо избегать ситуации, когда качество машины не будет являться востребованным. В этом случае средства вложенные в производство качественной машины не окупятся затратами на ее эксплуатацию.

Следует учитывать стоимость закупки оборудования и стоимость его эксплуатации, а также потери вызванные простоем оборудования.

Таким образом, обеспечение качества и экономичности машины в процессе ее создания является общей задачей конструктора, технолога и заказчика (грамотная формулировка СН).

1.3. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕССЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МАШИНЫ

Для превращения предметов природы в необходимое для человека изделие служит производственный процесс (рис. 1.2.).

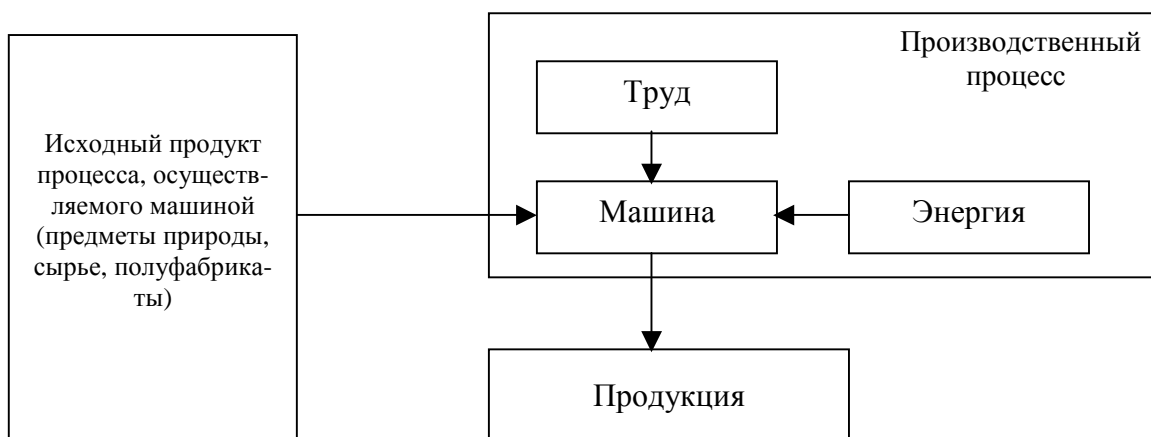


Рис. 1.2. Представление производственного процесса.

Исходным продуктом процесса, осуществляемого машиной, могут быть предметы природы, сырье или полуфабрикаты.

Сырье – предмет труда, на добычу и производство которого был затрачен труд.

Полуфабрикат – сырье, которое подверглось обработке, но не может быть использовано как готовый продукт.

Продукция – это результат производства в виде сырья, полуфабрикатов, созданных материальных и культурных благ или выполненных работ производственного характера.

Под производственным процессом понимают совокупность всех этапов, которые проходят исходные продукты на пути их превращения в готовую продукцию.

Производственный процесс может включать в себя следующие этапы: добыча руды, ее обогащение, транспортировка, металлургические процессы, получение заготовок,

различные виды их обработки, хранение на складах, контроль качества, сборка, окраска и т.п.

Технологический процесс – этап производственного процесса, на протяжении которого происходит качественное изменение объекта производства.

Таким образом, технологический процесс (ТП) связан с преобразованием предметов производства (форма, размер, качество) и фиксацией их нового состояния.

Пример.

1) Термообработка (ТО) закалка – технологический процесс, так как при этом происходят изменения физико-механических свойств (твердость), формы.

2) Транспортировка из цеха механической обработки в сборочный цех не является технологическим процессом, так как при этом не происходит преобразование предметов производства – деталей. Это этап производственного процесса.

В зависимости от содержания различают следующие ТП: ТП изготовления деталей, получения заготовок, сборки, окраски, термической обработки и др.

Деталь – первичная составная часть машины, изготовленная из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций.

1.3.1. Составные части технологического процесса

Технологический процесс состоит из оптимальной совокупности технологических операций.

Технологическая операция – законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте.

В определении не оговаривается число рабочих, станков и прочее.

Рабочее место представляет собой часть пространства, предназначенную для выполнения производственного задания одним рабочим или группой рабочих, в которой размещены необходимые производственное оборудование, инструмент, технологическая оснастка и устройства для хранения заготовок и изделий, изготовленных на данном рабочем месте.

Технологические операции состоят из технологических переходов.

Технологический переход – законченная часть технологической операции, выполняемая одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянных технологических режимах и установке.

Переходы делятся на основной и вспомогательный.

Переход непосредственно связанный с осуществлением технологического воздействия, называют основным.

Переход, состоящий из действий рабочего или механизмов, необходимых для выполнения основного перехода, называют вспомогательным.

Применительно к обработке резанием основной переход представляет собой законченный процесс получения каждой поверхности заготовки (детали) при обработке одним режущим инструментом.

Пример.

Основным переходом будет являться поучение цилиндрической поверхности при точении проходным резцом, сверление отверстия в заготовке спиральным сверлом и т.п. Последовательная обработка одного и того же отверстия спиральным сверлом, зенкером и разверткой будет состоять из трех основных технологических переходов. Одновременная обработка двухступенчатого отверстия комбинированным инструментом, объединяющим спиральное сверло, и цековку будет состоять из двух совмещенных основных технологических переходов. Также совмещением основных переходов является и одновременная обработка заготовки несколькими инструментами на многошпиндельном станке.

Примерами основных переходов в сборочных процессах могут служить работы, связанные с соединением отдельных деталей машины. При этом постановка каждой крепежной детали рассматривается как отдельный переход, а одновременное завинчивание нескольких винтов с помощью многошпиндельного винтоверта – как совмещение основных переходов.

К вспомогательным технологическим переходам при механообработке относят установку и закрепление заготовки в приспособлении, проверку достигнутого положения, смену инструмента, его подвод к заготовке и отвод, открепление и снятие заготовки, а при выполнении сборочных операций – установку базирующей детали, перемещение к ней присоединяемых деталей и т.п.

При изучении затрат времени на выполнение технологического процесса его отдельные части приходится делить на рабочие приемы или просто приемы.

Прием представляет собой законченную совокупность действий, направленных на выполнение перехода или его части и объединенных одним целевым назначением.

Например, вспомогательный переход «замена инструмента» на токарно-винторезном станке состоит из приемов: отвести суппорт станка от заготовки, открепить резцедержатель, повернуть его в нужного положение, закрепить и подвести к заготовке.

Основной технологический переход, например, «удаление стружки» может быть выполнен за счет удаления одного или нескольких слоев материала.

В первом случае говорят о переходе, выполняемом за один рабочий ход, во втором – за несколько.

Рабочий ход – однократное относительное движение инструмента и заготовки, в результате которого с ее поверхности удаляется один слой материала.

Для обработки заготовки ее необходимо установить и закрепить в приспособлении, на столе станка.

Процесс придания требуемого положения и закрепления заготовки, детали в приспособлении, на столе станка и другом виде оборудования называется установом.

Как правило, полная обработка заготовки осуществляется за несколько установов. Это связано с конструктивными особенностями заготовки и содержания операции.

Пример.

Полная обработка заготовки на токарно-винторезном станке, как правило, возможна за два установка.

Важно.

Для повышения точности обработки необходимо стремиться к минимизации количества установов. Оптимально полная обработка заготовки за один установ.

С этой целью применяют приспособления (спутник), установленная в которых заготовка перемещается от одной операции (перехода) к другой.

Каждое новое фиксированное положение заготовки вместе с приспособлением, в котором она установлена и закреплена, называют рабочей позицией или просто позицией.

1.3.2. Классификация технологических операций

Операции классифицируются по следующим признакам.

1. Назначению

- 1.1. основные (обработка основных поверхностей),
- 1.2. второстепенные;

2. Виду обработки

- 2.1. одноместная (на станке установлена одна заготовка),
- 2.2. многоместная;

3. Количеству инструментов

- 3.1. одноинструментальная,
- 3.2. многоинструментальная;

4. Количеству технологических переходов

- 4.1. однопереходная (принцип дифференциации операций),
- 4.2. многопереходная (принцип концентрации операций);

5. Способу выполнения переходов

- 5.1. последовательная,

5.2. параллельная,

5.3. смешанная.

ТП состоит из совокупности операций, которые формируются по вышеприведенным принципам.

Краткий сравнительный анализ ТП состоящего из «сложных» операций, т.е. имеющих на станке более одной заготовки, или на которых обработка производится несколькими инструментами, или состоящих из нескольких переходов и ТП состоящего из «простых» операций представлен в табл. 1.1.

Таблица 1.1.

Сравнительный анализ ТП состоящих из «сложных» и «простых» операций

Характеристика ТП	Преимущества	Недостатки	Область применения
ТП состоящих из «сложных» операций	Сокращается производственный цикл, число станков и персонал, производственные площади.	Требуются сложные (дорогие) станки и/или рабочие высокой квалификации. Затруднен переход на выпуск новой продукции.	Единичное производство – последовательное выполнение технологических переходов. Массовое производство – параллельное и смешанное выполнение переходов.
ТП состоящих из «простых» операций	Гибкость производства при смене номенклатуры выпускаемой продукции.	Значительное количество оборудования, персонала, производственных площадей.	Серийное производство.

При формировании ТП каждой операции присваивается свой порядковый номер и дается название.

Номер операции состоит из трехзначного числа. Нумерация начинается с числа 005 и затем изменяется с шагом 005. Например, 005, 010, 015,

Название операции дается исходя из названия станка, на котором она осуществляется. При этом содержание самой операции на названии не сказывается. Например, если планируется на вертикально-фрезерном станке сверлить, зенкеровать и нарезать резьбу, то операция будет называться «Вертикально-фрезерная», хотя о фрезеровании речи не идет.

1.3.3. Показатели производственного и технологического процессов

Для выполнения отдельных частей технологического процесса затрачивается определенное количество труда рабочего. Затраты труда при нормальной интенсивности измеряют его продолжительностью, т.е. временем, в течение которого он расходуется.

Количество времени, затрачиваемого работающим при нормальной интенсивности труда на выполнение технологического процесса или его части, называют трудоемкостью, которая измеряется в человеко-часах.

Для планирования затрат труда в производственном процессе применяют норму времени.

Норма времени – время, установленное рабочему или группе рабочих соответствующей квалификации на выполнение целого технологического процесса или его части в нормальных производственных условиях с нормальной интенсивностью.

Норму времени измеряют в часах (минутах) с указанием квалификации работы.

Пример, 20 ч, 4-го разряда.

Для нормирования малотрудоемких операций, измеряемых долями минуты или секундами более удобно использовать величину, обратную норме времени – норму выработки.

Нормой выработки называют устанавливаемое количество изделий, которое должно быть изготовлено в единицу времени. Единицей измерения нормы выработки является число штук изделий, произведенных в единицу времени, с указанием квалификации работы.

Пример. 500 шт. в 2 ч, работа 4 разряда.

В технологическом процессе осуществление операции или изготовление изделия периодически повторяется.

Цикл – отрезок календарного времени, определяющий длительность периодически повторяющейся технологической операции (или изготовления изделия) от начала до ее конца.

Интенсивность производства одинаковых изделий характеризуется тактом выпуска.

Такт выпуска представляет собой промежуток времени, через который периодически осуществляется выпуск машин, их сборочных единиц, деталей или заготовок определенного наименования, типоразмеров и исполнения.

Пример. Такт выпуска редуктора составляет 10 часов, т.е. каждые 10 часов цех выпускает 1 редуктор.

Величину, обратную такту выпуска, называют ритмом выпуска.

1.4. ПОНЯТИЕ О ТОЧНОСТИ

В процессе изготовления машины и ее деталей существенную роль играют вероятностные явления, которые вызывают отклонения показателей качества изделий от их расчетных значений. Таким образом, между расчетными и действительными значениями всегда возможно расхождение. Действительные значения опять же могут быть измерены с какой-то погрешностью. Поэтому различают три вида значения любого показателя:

номинальное или теоретическое (расчетное), определяемое в результате расчета, действительное, объективное существующее, измеренное, т.е. действительное значение, познанное с какой-то погрешностью.

Это положение проиллюстрировано на рис. 1.3. на примере показателя K ; $\Delta K_{\text{изг.}}$ и $\Delta K_{\text{изм}}$ – отклонения (погрешности) соответственно возникшие в процессе изготовления и измерения показателя K .

Рис. 1.3. Три вида значений показателя K .

Точность – степень приближения действительного значения к его номинальному значению.

При изготовлении, измерении показателя реальные события препятствуют идеальному совпадению расчетного значения с действительным и действительного с измеренным. Поэтому на отклонения показателей налагают ограничения, которые определяются величиной допуска.

Допуск – всякое ограничение отклонений показателя предопределяемое требованиями к качеству, количеству или стоимости изделия.

При задании поля допуска показателя K , являющегося скалярной величиной (рис. 1.4.) могут использоваться следующие параметры:

номинальное значение $K_{ном}$,

верхнее ($\Delta_{вк}$) и нижнее ($\Delta_{нк}$) предельные отклонения,

поле допуска T_k ,

координата середины поля допуска $\Delta_{ок}$,

наибольшее K^{max} и наименьшее K^{min} предельные значения.

Рис. 1.4. Задание поля допуска показателя K , являющегося скалярной величиной.
Существуют три формы задания допуска (табл. 1.2.).

Таблица 1.2.

Формулы перехода от одной формы задания допуска к другой

№ п/п	Форма задания допуска	Переход к другим формам задания допуска	
1	$\Delta_{НК}, \Delta_{НВ}$		
2	T_K, Δ_{OK}		
3	K^{\min}, K^{\max}		

В технологии машиностроения выделяют требуемую и фактическую точность. Требуемую точность устанавливают в соответствии с условиями решаемой задачи, которые определяются СН машины в целом и конкретной детали этой машины. Требование к точности содержится в допуске, которым ограничены возможные отклонения показателя.

Фактическая точность является результатом выполняемого процесса и характеризуется измеренным значением Δ отклонения показателя от его номинального значения.

Фактическую точность группы изделий по показателю K , являющемуся скалярной величиной можно охарактеризовать следующими показателями:

номинальное значение $K_{ном}$,

наименьшим Δ_K^{HM} и наибольшим $\Delta_K^{H\delta}$ фактические отклонения значения,

поле рассеяния ω_K ,

координата середины поля рассеяния Δ_{ω_K} ,

наименьшим K^{HM} и наибольшим K^{HB} фактическими значениями.

Таким образом, качественной машиной является машина, у которой фактическая точность всех показателей полностью совпадает с требуемой точностью тех же показателей.

Показатели качества машины (надежность, производительность и др.) определяются двумя группами связей – связями свойств материала и размерными связями.

Показатели качества материала детали включают свойства самого материала и свойства поверхностного слоя (ПС). Поверхностным слоем принято считать слой материала, находящийся на поверхности детали, свойства которого отличаются от свойств ос-

нового материала. У деталей глубина ПС – десятки - сотни мкм. К свойствам ПС относятся структурное состояние, твердость, модуль Юнга, вязкость, распределение и знак остаточных напряжений, химический состав и др.

Представление о геометрическом образе детали дают форма и размеры поверхностей, расстояния между ними и их относительное угловое положение.

В связи с этим различают три вида показателей, отображающих качество детали с геометрической стороны: размеры поверхностей и расстояния между ними, относительные повороты, форма поверхностей. Точность этих показателей характеризует геометрические характеристики качества детали.

Первым видом геометрических характеристик качества детали являются точность размеров ее поверхностей и расстояний между ними (линейные размеры). Так, например, точность диаметра вала d характеризует точность размера поверхности, а точность размера L характеризует точность расстояния между поверхностями (табл. 1.2).

Таблица 1.2.

Обозначения видов допусков

№ п/п	Группа допусков	Вид допуска	Знак
1	Допуски формы	Допуск прямолинейности	
2		Допуск плоскостности	
3		Допуск круглости	
4		Допуск профиля продольного сечения	
5	Допуски расположения	Допуск параллельности	
6		Допуск перпендикулярности	
7		Допуск наклона	
8		Допуск соосности	
9		Допуск симметричности	
10		Позиционный допуск	
11		Допуск пересечения осей	
12	Суммарные допуски формы и расположения	Допуск радиального биения	
13		Допуск торцевого биения	
		Допуск биения в заданном направлении	
		Допуск полного радиального биения	
14	Допуск полного торцевого биения		
	Допуск формы заданного профиля		
15		Допуск формы заданной поверхности	

Вторым видом геометрических характеристик качества детали является точность относительного поворота ее поверхностей (угловые размеры).

Для обозначения относительного поворота поверхностей используют одностороннюю стрелку, острие которой направлено на поверхность, избранную за начало отсчета (базовую поверхность). На рис. 1.5. приведены примеры параллельности поверхности А к В, перпендикулярности поверхности В к А.

Рис. 1.5. Условные обозначения относительно поворота поверхностей.

ВАЖНО

В технологии машиностроения принципиально важно правильно выбирать и четко обозначать начало отсчета (базовые поверхности, линии, точки) линейных и угловых размеров.

Третьим видом характеристик качества детали является правильность геометрической формы ее поверхностей. Отклонения формы подразделяют на три вида.

1. Макрогеометрические отклонения, под которыми понимают отклонение реальной поверхности от правильной геометрической формы при рассмотрении этой поверхности в целом. Например, отклонение от плоскостности (рис. 1.6, а), цилиндричности (рис. 1.6, б), круглости, прямолинейности и т.п.

Рис. 1.6. Отклонение формы поверхности детали.

При рассмотрении отклонений от цилиндричности выделяют следующие отклонения: бочкообразность, седлообразность и конусообразность (рис. 1.7.).

Рис. 1.7. Отклонения от цилиндричности.

К макрогеометрическим отклонениям формы относят отклонения при $L/H > 1000$ (см. рис.1.7.).

2. Волнистость, представляющую собой периодические неровности поверхности, встречающиеся на участках протяженностью от 1 до 10 мм.

Отклонения формы считают волнистостью при $L/H = 50 \dots 1000$.

3. Микрогеометрические отклонения – микронеровности на участках протяженностью до 1 мм, называемые шероховатостью поверхности.

Отклонения формы считают шероховатостью при $L/H < 50$.

Между значениями отклонений размеров и расстояний, относительных поворотов и формы поверхностей деталей существуют качественные и количественные связи.

Качественная связь проявляется в ограничениях значений отклонений: макрогеометрические отклонения формы должны быть меньше отклонений относительного поворота поверхностей, которые в свою очередь должны быть меньше отклонений размеров поверхностей или расстояний между ними.

Эта закономерность позволяет оценивать значения более высокой категории отклонений геометрической формы. В противном случае оценка отклонения показателя более высокого ранга будет невозможна, т.к. нижестоящие показатели окажут существенное влияние на результат его измерения и их будет трудно различить.

Для оценки качественных связей на практике используют следующие правила:

1. Допуски на отклонения размеров и расстояний поверхностей деталей устанавливают большими, чем допуски на отклонения относительного поворота поверхностей, ко-

торые в свою очередь должны быть больше допусков на макрогеометрические отклонения.

2. Оценку точности геометрических показателей качества детали начинают с микроотклонений, затем оценивают волнистость, макрогеометрические отклонения поверхностей, их относительный поворот, размеры и расстояния.

Количественные связи точности детали регламентируются нормативными документами и ГОСТами. Так, ГОСТ 24643-81 устанавливает 16 степеней точности формы и относительного положения поверхностей. При переходе от одной степени к другой числовые значения допусков изменяются с шагом 1,6. В зависимости от соотношения между допусками на отклонения размера, формы и относительного поворота установлены уровни относительной геометрической точности:

А – нормальная точность, при которой допуск формы или относительного поворота составляет 60% от допуска на размер;

В – повышенная точность с соотношением указанных допусков в 40%;

С – высокая точность соотношением допусков в 25%.

Отклонения от цилиндричности и круглости поверхностей ограничиваются допусками, составляющими для точностей соответственно А, В, С 30, 20 и 12% от допуска на отклонения диаметрального размера поверхности.