**Московский Авиационный Институт**

(Технический университет)

**КУРСОВАЯ РАБОТА**

**на тему:**

**"Метрология — наука о измерениях"**

Разработал: Павлюк Денис

Проверил: Профессор Мышелов Е.П.

Москва,1999г.

Содержание:

1. Введение в метрологию
2. Средства измерения
3. Методы измерений. Виды контроля.
4. Основные метрологические показатели средств измерения.
5. Государственная система обеспечения средств измерений.
6. Меры длинны и угловые меры.
7. Измерительные средства

7.1 Универсальные измерительные инструменты и приборы.

**Введение в метрологию.**

Технический прогресс, совершенствование технологических процессов, производство точных, надежных и долговечных машин и приборов, повышение качества продукции, обеспечение взаимозаменяемости и коопе­рирования производства невозможны без развития метрологии и посто­янного совершенствования техники измерений.

*Метрология -* наука об измерениях физических величин, методах и средствах обеспечения их единства. Основные проблемы метрологии: раз­витие общей теории измерений; установление единиц физических величин и их системы; разработка методов и средств измерений, а также методов определения точности измерений; обеспечение единства измерений, едино­образия средств и требуемой точности измерения; установление эталонов и образцовых средств измерений; разработка методов передачи размеров единиц от эталонов или образцовых средств измерений рабочим сред­ствам измерений и др. Важнейшая роль в решении указанных проблем отводится государственной метрологической службе, имеющей научно-исследовательские институты и разветвленную сеть лаборатории государ­ственного надзора и других организаций. Большую роль в развитии метрологии сыграл Д. И. Менделеев, который руководил метрологической службой в России в период 1892—1907 гг.

Под *измерением* понимают нахождение значений физической величины опытным путем с помощью специально для этого предназначенных техни­ческих средств.

Основное уравнение измерения имеет вид Q = qU, где Q — значение физической величины, q — числовое значение физической величины в принятых единицах, U — единица физической величины.

*Единица физической величины —* физическая величина фиксированного размера, принятая по согласованию в качестве основы для количествен­ного оценивания физических величин той же природы.

Измерения производят как с целью установления действительных раз­меров изделий и соответствия их требованиям чертежа, так и для проверки точности технологической системы и подналадки ее для предупреждения появления брака.

Вместо определения числового значения величины для упрощения часто проверяют, находится ли действительное значение этой величины (например, размер детали) в установленных пределах. Процесс получения и обработки информации об объекте (параметрах детали, механизма, процесса и т. д.) с целью определения его годности или необходимости введения управляющих воздействий на факторы, влияющие на объект, называется *контролем.* При контроле деталей проверяют соответствие действительных значений геометрических, механических, электрических и других параметров допустимым значениям этих параметров.

Для унификации единиц физических величин в международном масштабе создана *Международная система единиц СИ.*

**Средства измерения.**

Технические средства, имеющие нормированные метрологические свой­ства называются *средствами измерения.* К ним относятся следующие:

*Эталоны единиц физических величин —* средства измерений или комп­лексы средств измерений, официально утвержденные эталонами для вос­произведения единиц физических величин с наивысшей достижимой точ­ностью, и их хранения (например, комплекс средств измерений для воспро­изведения метра через длину световой волны). Примером точности эта­лонов может служить государственный эталон времени, погрешность которого за 30 тыс. лет не будет превышать 1 с.

*Меры —* средства измерений, предназначенные для воспроизведения физической величины заданного размера. К мерам относятся плоско­параллельные концевые меры длины, гири, конденсаторы постоянной емкости и т. п.

*Образцовые средства измерений —* это меры, измерительные приборы

или преобразователи, утвержденные в качестве образцовых. Они служат для контроля нижестоящих по поверочной схеме измерительных средств, в то же время их периодически поверяют по эталонам. Точность образ­цовых средств измерения имеет большое значение для обеспечения единства измерений.

*Рабочие средства измерений —* это меры, устройства или приборы, при­меняемые для измерений, не связанных с передачей единицы физической величины (например, концевая мера длины, используемая для контроля

размеров изделии или для наладки станков).

Передача размеров единицы физической величины от эталона к рабочим средствам измерения производится в соответствии с *поверочной схемой,* устанавливающей средст­ва, методы и точность передачи единицы размера.

Точность указанных измерительных средств понижается в 1,6—3 раза с переходом на одну ступень от более точных средств к менее точным по поверочной схеме.

**Методы измерений. Виды контроля.**

Измерения могут быть основаны на различных методах. *Метод изме­рения —* это совокупность правил и приемов использования средств изме­рений, позволяющая решить измерительную задачу.

Различают прямые и косвенные методы измерения. При *прямых изме­рениях* значение измеряемой величины находят непосредственно из опыт­ных данных. Большинство измерительных средств основано на прямых измерениях, например измерение температуры термометром, диаметра вала штангенциркулем, толщины тонкой фольги на оптиметре в диапазоне показаний шкалы и т.п. При *косвенных измерениях* искомое значение величины находят вычислением по известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям, например измерение среднего диаметра резьбы методом трех проволочек.

В машиностроении при прямых измерениях в большинстве случаев измеряют отклонения длин и углов от номинального значения или от рабочей меры прибором сравнения, в качестве которого, используют инди­каторные головки, оптиметры, индуктивные преобразователи и т. п. Метод измерений, основанный на использовании рабочей меры и измерительного прибора сравнения, называется *методом сравнения.* Размер в этом случае определяют суммированием размера рабочей меры и показания прибора сравнения. Метод измерения может быть *контактным,* если он осуще­ствляется при непосредственном контакте детали с измерительным нако­нечником прибора, и *бесконтактным,* если механический контакт отсут­ствует (оптические, пневматические и другие измерения).

В зависимости от использованных физических принципов измерения существуют механические, электрические, пневматические, оптические, фотоэлектрические и другие приборы.

Существуют два вида контроля - дифференцированный и комплексный.

*Дифференцированный* (поэлементный) контроль характеризуется изме­рением каждого параметра изделия в отдельности (например, контроль собственно среднего диаметра, шага и половины угла профиля резьбы).

*Комплексный* контроль позволяет оценивать годность деталей одно­временно по нескольким параметрам, например путем сравнения действи­тельного контура контролируемой детали, определяемого полями допусков на отдельные параметры, с предельными контурами (контроль деталей сложного профиля на проекторах) и контроль предельными калибрами.

**Основные метрологические показатели средств измерения.**

*Деление шкалы прибора -* промежуток между двумя соседними отметками шкалы.

*Длина (интервал) деления шкалы -* расстояние между осями двух соседних отметок шкалы.

*Цена деления шкалы —* разность значений величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы; например, 0,002 мм при длине (интер­вале) деления шкалы прибора, равной 1 мм.

*Диапазон показаний* (измерений по шкале) - область значений шкалы, ограниченная ее начальным и конечным значениями; например, диапазон показаний оптиметра ±0,1 мм.

*Диапазон измерений —* область значений измеряемой величины, в пре­делах которой нормированы допустимые погрешности средства измере­ний, например, диапазон измерения длин на проекционном вертикальном оптиметре ИКВ-3 0-200 мм.

*Предел измерений —* наибольшее или наименьшее значения диапазона измерений.

*Измерительная сила —* сила воздействия измерительного наконечника на измеряемую деталь в зоне контакта.

*Предел допустимой погрешности средства измерения —* наибольшая (без учета знака) погрешность средства измерений, при которой оно может быть признано годным и допущено к применению; например, пределы допустимой погрешности 100-миллиметровой концевой меры длины 1-го класса равны ±0,5 мкм.

*Стабильность средства измерения —* свойство, отражающее постоянство во времени его метрологических показателей.

*Погрешность измерения* — разность между результатом измерения и истинным значением измеряемой величины.

*Точность измерений —* характеристика качества измерений, отражающая близость к нулю погрешностей их результатов. При высокой точности погрешности всех видов минимальны.

*Точность средств измерений —* качество средств измерений, характери­зующее близость к нулю их погрешностей.

*Воспроизводимость измерений —* близость результатов измерений одной и той же конкретной величины, выполняемых в различных условиях в различных местах различными методами и средствами.

*Чувствительность измерительного прибора —* отношение изменения сиг­нала на выходе измерительного средства к вызвавшему его изменению измеряемой величины. Например, при перемещении измерительного нако­нечника измерительной пружинной головки ИГП на величину цены деле­ния 0,5 мкм указатель перемещается на одно деление шкалы, равное 1 мм.

Чувствительность этого прибора равна 1000: 0,5 *=* 2000. Для шкальных измерительных приборов типа пружинных головок, индикаторов часового типа чувствительность численно равна передаточному отношению меха­низма прибора.

*Поправка —* величина, которая должна быть алгебраически прибавлена к показанию измерительного прибора или к номинальном значению меры, чтобы исключить систематические погрешности и получить значе­ние измеряемой величины или значение меры, более близкое их истин­ным значениям.

Нормируемые метрологические характеристики стандартизованы. К ним относятся систематическая составляющая погрешности измерения, случай­ная составляющая, динамические характеристики и др. Показатели точ­ности и формы представления результатов измерения должны соответ­ствовать стандартам. Например, точность измерения целесообразно пред­ставлять интервалом, в котором с установленной вероятностью находится суммарная погрешность измерения, отдельно интервалом систематической составляющей и т. д.

В зависимости от пределов допустимых погрешностей средств изме­рений, а также других их свойств, влияющих на точность измерения, многим типам измерительных средств присваивают соответствующие классы точности.

Повышение точности измерительных средств достигается, в частности, сочетанием больших передаточных отношений с простотой и технологичностью конструкции, введением в конструкцию средств, предназначенных для уменьшения погрешностей, вносимых зазорами, мертвыми ходами и износом, применением устройств, предназначенных для стабилизации измерительной силы и др. соответствии с принципом Аббе : необходимо, чтобы на одной прямой линии располагали ось шкалы прибора и контролируемый размер про­веряемой детали, т. е. линия измерения должна являться продолжением линии шкалы*.* Если этот принцип не выдерживается, то перекос и не параллельность направляющих измерительного прибора вызывают значительные погрешности измерения. При соблюдении прин­ципа Аббе погрешностями, вызываемыми перекосами, можно пренебречь, так как они являются ошибками второго порядка малости.

Для контроля точных процессов производства и повышения качества машин и других изделий необходимо не только непрерывно повышать точность, производительность и надежность средств измерения, но и правильно применять и систематически поверять средства измерения в процессе эксплуатации. Ошибочные результаты измерения из-за не­качественного выполнения собственно измерений столь же часты, как и при применении неточных средств измерения. Как в том, так и в другом случае возникает необнаруженный брак, который приводит к браку на последующих этапах процесса производства или к снижению качества изделий, их точности, надежности и долговечности.

Для устранения указанных недостатков в нашей стране создана *Государственная система обеспечения единства измерений* (ГСИ). Основ­ные задачи ГСИ: установление единиц физических величин, методов и средств воспроизведения единиц, рациональной системы передачи единиц от эталонов к рабочим средствам измерений; определение номенклатуры,

так как они являются ошибками второго порядка малости.

Для контроля точных процессов производства и повышения качества машин и других изделий необходимо не только непрерывно повышать точность, производительность и надежность средств измерения, но и правильно применять и систематически поверять средства измерения в процессе эксплуатации. Ошибочные результаты измерения из-за некачественного выполнения собственно измерений столь же часты, как при применении неточных средств измерения. Как в том, так и в другом случае возникает необнаруженный брак, который приводит к браку на последующих этапах процесса производства или к снижению качества изделий, их точности, надежности и долговечности.

**Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ).**

Для устранения указанных недостатков в нашей стране создана *Государственная система обеспечения единства измерений* (ГСИ), Основные задачи ГСИ: установление единиц физических величин, методов и средств воспроизведения единиц, рациональной системы передачи единиц

от эталонов к рабочим средствам измерений; определение номенклатуры и способов выражения метрологических показателей средств измерении.

Для обеспечения единства измерений введены обязательные испытания новых типов измерительных средств и надзор за состоянием и правиль­ным использованием измерительной техники, применяемой в народном хозяйстве. Систематическая поверка приборов – это одна из главных гарантий их точности. Важное значение имеют также соблюдение нор­мальных условий измерений, установленных стандартами. Особо необхо­димо соблюдать требования к температуре объекта измерения и рабочего пространства. Например, на ВАЗе в метрологических центрах (термо­константных помещениях с отдельным фундаментом) механосборочных цехов в зависимости от требуемой точности измерений поддерживают температуру в пределах 20 ± 0,15 – 20 ± 0,5°С.

Для обеспечения и наблюдения за единством измерений в систему Госстандарта СССР входят метрологические институты и сеть лаборато­рий государственного метрологического надзора; на большинстве заво­дов для этой цели есть отделы главного метролога и измерительные лаборатории.

В систему ГСИ включены ГОСТ 8.001-71-8.098-73, а также ГОСТ 8.050-73 на нормальные условия выполнения линейных и угловых измерений.

**Mеры длинны и угловые меры.**

Меры длины по конструктивным признакам делят на штриховые и концевые.

*Штриховые меры* длины используют в качестве эталонов, образцовых и рабочих штриховых мер, в виде шкал измерительных приборов, а также в инструментах, предназначенных для грубых измерений (измерительные

*Штриховые меры* длины используют в качестве эталонов, образцовых и рабочих штриховых мер, в виде шкал измерительных приборов, а также в инструментах, предназначенных для грубых измерений (измерительные линейки, рулетки и др.).

*Плоскопараллельные концевые меры длины* составляют основу современ­ных линейных измерений в машиностроении. Их применяют для передачи размера от рабочего эталона единицы длины до изделия включительно, широко используют в лабораторной и цеховой практике линейных изме­рений; применяют для установки измерительных инструментов и приборов на нуль, для проверки точности и градуирования измерительных инстру­ментов и приборов, а также для особо точных разметочных работ, наладки станков и т.д.

Плоскопараллельные концевые меры длины представляют собой бруски из закаленной стали или твердого сплава, имеющие форму прямоуголь­ных параллелепипедов. Две противоположные измерительные поверхности каждой концевой меры весьма точно обрабатывают путем шлифования и доводки.

Концевые меры обладают способностью *притираться* (сцепляться) при их надвигании одну на другую. Благодаря этой способности их можно собирать в блоки разных размеров. Притираемость и высокая точность — главные свойства концевых мер, определяющие их ценность как измерительных средств. Притираемость мер объясняется их молеку­лярным притяжением (сцеплением), когда они покрыты тончайшей пленкой смазывающей жидкости (толщина пленки не превышает 0,02 мкм, что незначительно влияет на точность размера полученного блока концевых мер).

За длину концевой меры (в любой точке) принимают длину перпен­дикуляра, опущенного из точки измерительной поверхности меры на ее противоположную измерительную поверхность. Концевые меры выпускают наборами, состоящими из 112, 83 шт. и др. Они позволяют составить блок из минимального числа мер (4-5 шт.) с дискретностью 1 мкм.

На каждой концевой мере гравируют ее номинальный размер. На мерах размером до 5,5 мм номинальный размер наносят на одной из измери­тельных поверхностей, на мерах размером свыше 5,5 мм — на боковой нерабочей поверхности.

Меры по точности изготовления делят на четыре класса: 0, 1, 2 и 3-й (ГОСТ 9038—73). Для мер, находящихся в эксплуатации, предусмотрены дополнительно 4-й и 5-й классы (ГОСТ 8.166—75). В зависимости от предельной погрешности аттестации размеров мер их делят на пять разрядов: с 1-го по 5-й. В аттестате указывают номинальный размер концевой меры, отклонение от номинального размера в микрометрах и разряд, к которому отнесен поверяемый набор мер. При пользовании аттестованными мерами за размер каждой из них принимают действи­тельный размер, указанный в аттестате. В этом случае отклонения раз­мера мер не будут влиять на точность измерения независимо от их принадлежности к тому или иному классу точности. Применение мер по разрядам с учетом их действительных размеров позволяет производить более точные измерения.

Концевые меры длины можно использовать совместно с различными приспособлениями для измерения наружных и внутренних размеров, раз­меточных работ, контроля высот и др. Основными приспособлениями являются струбцины (державки) разных размеров, основания, боковики,

центры и др.

Угловые меры выполняют в виде призм; они предназначены для хра­нения и передачи единицы плоского угла, для поверки и градуировки угломерных приборов и угловых шаблонов, а также для контроля углов изделий. Угловые меры выпускают в виде отдельных мер или комплектных наборов, позволяющих составить любой угол с градацией в 10, 10', 30" и др. Их изготовляют трех классов точности: 0 - с пре­дельной погрешностью рабочих углов от ±3" до ±5"; 1 —с предельной погрешностью ± 10"; 2 - с предельной погрешностью ±30". Угловые меры можно применять как отдельно, так и блоками из нескольких мер. Блоки мер крепят специальными державками.

При большой длине и ширине угловые меры можно собирать в блоки путем притирания (без применения державок). Поворачивая такие меры срезанной вершиной вниз или вверх*,* можно сумми­ровать или вычитать углы мер, входящих в блок. Это позволяет обхо­диться небольшим числом мер в наборе. Выпускают также угловые меры в виде многогранных призм, предназначенных для поверки оптических делительных головок и гониометров.

**Измерительные средства.**

Средства измерения, применяемые в машиностроении, по назначению можно разделить на универсальные и специальные. Специальные средства предназначены для измерения одного или нескольких параметров деталей определенного типа (они описаны в главах, где рассмотрен контроль типовых соединений деталей). По числу параметров, проверяемых при одной установке детали, различают одномерные и многомерные измеритель­ные и контрольные средства, а по степени механизации процесса измере­ния — неавтоматические (ручного действия), механизированные, полуавто­матические и автоматические.

**Универсальные измерительные инструменты и приборы.**

**Измерительные инструменты.** К этим инструментам относятся штанген­циркули, предназначенные для измерения наружных и внутренних разме­ров, штангенглубиномеры, служащие для контроля глубины отверстий и пазов, штангенрейсмусы и микрометрические из­мерительные инструменты.

В штангенинструментах применяют отсчетное приспособление в виде линейки с основной шкалой, по которой пере­мещается линейка со шкалой нониуса. Нониус позволяет отсчитывать дробные доли деления основной шкалы. Нониусы изготовляют с ценой деления 0,1 и 0,05 мм.

Нониус рассчитывают следующим образом. По заданной длине деления *с* основной шкалы, цене деления нонинуса i, числу у делений основной шкалы, соответствующему одному делению шкалы нониуса (модуль но­ниуса), определяют число *n* делений нониуса, длину деления *b* шкалы нониуса и длину l шкалы нониуса:



Например, при i = 0,1 мм, *с =* 1 мм и у == 2 число делений *п* = 10, длина деления *b* = 1,9 мм и длина шкалы l = 19 мм. Погрешность измерения штангенинструментом при измерении размеров от 1 до 500 мм составляет 50—200 мкм.

Штангенциркули выпускают следующих трех типов: с двусторонним расположением губок для наружных и внутренних измерений и с линейкой для определения глубин (цена деления нониуса состав­ляет 0,1 мм); с двусторонним расположением губок для измерения и для разметки (цена деления нониуса 0,05 или 0,1 мм); с односторонними губками для наружных и внутренних измерений с ценой деления нониуса 0,05 или 0,1 мм.

Штангенрейсмусы предназначены для разметочных работ и определения высоты деталей. В мировой практике для определения высот известно применение прибора с цифровым отсчетом показаний (с ценой деления 0,05 и 0,01 мм). **На** штанге такого прибора нарезана зубчатая рейка, по которой перемещается зубчатое колесо ротационного фотоэлектрического счетчика импульсов, закрепленного на рамке, связанной с измерительной губкой. Величина перемещения (высота) фиксируется счет­чиком с цифровым отсчетным устройством.

**Микрометрические измерительные инструменты** основаны на использо­вании винтовой пары (винт — гайка), которая преобразовывает вращательное движение микровинта в поступательное. Цена деления таких инстру­ментов - 0,01 мм. Микрометрические пары используют в конструкциях многих измерительных приборов.

**Механические измерительные приборы.** К ним относятся приборы с зубчатой передачей – индикаторы часового типа.

**Оптико-механические приборы.** В одних приборах этого типа (измерительных микроскопах, проекторах, длинометрах) повышение точности отсчета и точности измерений достигается благодаря значительному оптическому увеличению измеряемых объектов; в других (оптиметрах, ультраоптиметрах) — сочетанием механических передаточных механизмов с оптическим автоколлимационным устройством. Все эти приборы широко применяют в измерительных лабораториях и в цехах. Они могут быть контактными (оптиметры, длиномеры), так и бесконтактными ( микроскопы, проекторы) и позвляют измерять детали по одной (оптиметры, длиномеры), двум( микроскопы, проекторы) и трем (универсальные измерительные микроскопы) координатам.