

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«СИБИРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ»
(ФГБОУ ВПО «СГГА»)

Институт оптики и оптических технологий

Кафедра метрологии и технологии оптического производства

КУРС ЛЕКЦИЙ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
ТОЧНОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРИБОРОВ

Новосибирск
СГГА

Разделы и темы лекционных занятий по дисциплине «Точность изготовления приборов»

№№ раздела и его наименование	Наименование тем лекций
1. Методические основы управления качеством. Качество и точность прибора	Методические основы управления качеством. Задачи и функции службы технического контроля продукции на предприятии. Виды и методы технического контроля продукции. Система показателей качества продукции. Факторы, влияющие на качество продукции. Общие сведения о качестве прибора и точности деталей. Основные показатели точности поверхностей. Взаимосвязь показателей точности поверхностей и их нормирование
2. Оценка микроотклонений и отклонений размеров	Шероховатость. Традиционные средства контроля и измерения шероховатости. Отклонения размеров. Традиционные способы измерения и контроля размеров с помощью штангенинструмента. Традиционные контрольно-измерительные средства для оценки годности размеров. Традиционные средства контроля годности размеров.
3. Оценка макроотклонений	Общие сведения о пространственных отклонениях. Традиционные средства для измерения отклонений формы поверхностей. Отклонения взаимного расположения. Суммарные отклонения формы и расположения. Традиционные средства для измерения отклонений взаимного расположения поверхностей и суммарных отклонений. Совершенствование контроля и измерения.
4. Точность процессов изготовления приборов	Обеспечение точности обработки на металлорежущих станках. Краткая характеристика основных погрешностей обработки. Оформление контрольных операций на картах технического контроля. Способы обеспечения точности при сборке

РАЗДЕЛ 1. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ. КАЧЕСТВО И ТОЧНОСТЬ ПРИБОРА

Методические основы управления качеством. Задачи и функции службы технического контроля продукции на предприятии. Виды и методы технического контроля продукции. Система показателей качества продукции. Факторы, влияющие на качество продукции. Общие сведения о качестве прибора и точности деталей. Основные показатели точности поверхностей. Взаимосвязь показателей точности поверхностей и их нормирование

Тема №1. Методические основы управления качеством.

Качество – потенциальная способность товара удовлетворять конкретную потребность.

В рыночной экономике проблема качества является важнейшим фактором повышения уровня жизни, экономической, социальной и экологической

безопасности. Качество – комплексное понятие, характеризующее эффективность всех сторон деятельности: разработка стратегии, организация производства, маркетинг и др. Важнейшей составляющей всей системы качества является качество продукции. Качество продукции – совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с назначением. Согласно международному стандарту ISO8402.1994, качество определяется как совокупность характеристик объекта деятельности процесса, продукции, услуги и др.), относящихся к его способности. В современной литературе и практике существуют различные трактовки понятия "качество". Международная организация по стандартизации определяет качество как совокупность свойств и характеристик продукции или услуги, которые придают им способность удовлетворять обусловленные или предполагаемые потребности. Этот стандарт ввел такие понятия, как "обеспечение качества", "управление качеством", "спираль качества". Требования к качеству на международном уровне определены стандартами ИСО серии 9000. Первая редакция международных стандартов ИСО серии 9000 вышла в конце восьмидесятых годов и ознаменовала выход международной стандартизации на качественно новый уровень. Эти стандарты вторглись непосредственно в производственные процессы, сферу управления и установили четкие требования к системам обеспечения качества. Они положили начало сертификации систем качества. Возникло самостоятельное направление менеджмента – менеджменткачества. В настоящее время ученые и практики за рубежом связывают современные методы менеджмента качества с методологией TQM (totalqualitymanagement) – всеобщим (всеохватывающим, тотальным) менеджментом качества.

Стандарты ИСО серии 9000 установили единый, признанный в мире подход к договорным условиям по оценке систем качества и одновременно регламентировали отношения между производителями и потребителями продукции. Иными словами, стандарты ИСО – жесткая ориентация на потребителя. При этом речь идет о культуре производства.

Качество можно представить в виде пирамиды (рисунок 1)



Рисунок 1 – Пирамида качества

Наверху пирамиды находится TQM – все охватывающий, тотальный менеджмент качества, который предполагает высокое качество всей работы для достижения требуемого качества продукции. Прежде всего, это работа, связанная с обеспечением высокого организационно–технического уровня производства, надлежащих условий труда. Качество работы включает обоснованность принимаемых управленческих решений, систему планирования. Особое значение имеет качество работы, непосредственно связанной с выпуском продукции (контроль качества технологических процессов, своевременное выявление брака). Качество продукции является составляющей и следствием качества работы.

В современной теории и практике управления качеством выделяют следующие пять основных этапов:

- принятие решений «что производить» и подготовка технических условий;
- проверка готовности производства и распределение организационной ответственности;
- процесс изготовления продукции или предоставления услуг;
- устранение дефектов и обеспечение информацией обратной связи в целях внесения в процесс производства и контроля изменений, позволяющих избегать выявленных дефектов в будущем;
- разработка долгосрочных планов по качеству.

Осуществление перечисленных этапов невозможно без взаимодействия всех отделов, органов управления фирмой. Такое взаимодействие называют единой системой управления качеством. Это обеспечивает процессный подход к управлению качеством.

Управление качеством продукции должно осуществляться системно, т.е. на предприятии должна функционировать система управления качеством продукции, представляющая собой организационную структуру, распределяющую ответственность, процедуры и ресурсы, необходимые для управления качеством. В соответствии с международной практикой по управлению качеством продукции на предприятии выделяется политика в области качества, непосредственно система качества, включающая обеспечение, повышение и управление качеством продукции.

Политика в области качества – это основные направления и цели организации в области качества, официально сформулированные высшим руководством. Она формирует таким образом, чтобы охватить деятельность каждого работника и ориентировать коллектив предприятия на достижение поставленных целей.

Основными факторами, влияющими на формирование политики в области качества, являются: ситуация на рынке сбыта, конкурентоспособность, научно–технический прогресс и борьба с конкурентами, состояние дел внутри предприятия. Формирование и документальное оформление руководством предприятия политики в области качества является первичным актом при создании системы качества.

Система качества – это совокупность организационной структуры, методик, процессов и ресурсов, необходимых для осуществления общего руководства качеством.

Обеспечение качеством – это стандартизированный или избранный набор требований системы качества, объединенных с целью удовлетворения потребностей обеспечения качества в данной ситуации .

«Петля качества» – концептуальная модель взаимозависимых видов деятельности, влияющих на качество на различных стадиях: от определения потребностей до оценки их удовлетворения. Система качества разрабатывается с учетом конкретной деятельности предприятия, но в любом случае она должна охватывать все стадии «петли качества» или жизненного цикла продукции:

- маркетинг, поиск и изучение рынка;
- проектирование и (или) разработку технических требований, разработку продукции;
- материально–техническое снабжение;
- подготовку и разработку производственных процессов;
- производство;
- контроль, проведение испытаний и обследований;
- упаковку и хранение;
- реализацию и распределение продукции;
- монтаж и эксплуатацию;
- техническую помощь и обслуживание;
- утилизацию после использования изделия.

По характеру воздействия на этапы «петля качества» в системе качества могут быть выделены три направления: обеспечение качества, управление качеством и повышение качества.

Обеспечение качества – все планируемые и систематически осуществляемые виды деятельности в рамках системы качества, а также дополнительные виды (если это требуется), необходимые для обеспечения достаточной уверенности в том, что объект будет выполнять требования, предъявляемые к качеству.

Управление качеством – методы и виды деятельности оперативного характера, используемые для выполнения требований по качеству. Управление качеством включает методы и виды деятельности оперативного характера, направленные как на управление процессом, так и на устранение причин неудовлетворительного функционирования на всех этапах «петли качества» для обеспечения экономической эффективности.

Повышение качества – мероприятия, проводимые для повышения эффективности и результативности деятельности и процессов с целью получения выгоды, как для организации, так и ее потребителей.

Основными задачами управления качеством являются:

- изучение рынка сбыта;
- изучение национальных и международных требований к выпускаемой продукции;

- разработка методов и средств воздействия на процессы исследования, проектирования и производства;

- сбор, анализ, хранение информации о качестве продукции.

Процесс управления качеством продукции состоит из следующих операций:

- разработка программы управления, планирования и повышения качества продукции;

- сбор и анализ информации о любом объекте, влияющем на качество;

- выработка управленческих решений по управлению качеством и подготовка воздействий на объект;

- выдача управленческих решений;

- анализ информации об изменениях качества объекта, которые вызваны управленческими воздействиями.

Управление качеством опирается на следующие взаимосвязанные категории: объект, субъект, цели, стратегия, тактика, политика в области качества, функции, принцип, вид, тип критериев, методы, средства и т. д.

Сущность управления заключается в выработке управляющих решений и последующей реализации предусмотренных этими решениями управляющих воздействий на определенный объект управления.

При управлении качеством продукции непосредственными объектами управления, как правило, являются процессы, от которых зависит качество продукции. Они создаются и протекают на допроизводственной, производственной и послепроизводственной стадиях жизненного цикла продукции.

Выработка управляющих решений производится на основании сопоставления информации о фактическом состоянии управляемого процесса с его характеристиками, заданными программой управления.

Иногда в качестве объекта управления выступает конкурентоспособность, технический уровень или другой показатель.

Субъект управления – управляющие органы всех уровней и ответственные лица, призванные обеспечить достижение и содержание планируемого состояния и уровня качества продукции.

Цель управления качеством – это обеспечение выпуска продукции, отвечающей заданным требованиям конкуренции на рынке при минимизации затрат, с учетом интересов потребителя и требований безопасности и экологичности продукции.

Для эффективности организации процесса управления и взятых обязательств разрабатывается стратегия по качеству.

Руководители среднего звена несут полную ответственность за разработку стратегии. Стратегия по качеству тесно взаимосвязана с общей стратегией предприятия и предусматривает последующие шаги для достижения целей и решения задач. Разработка стратегии основана на учете жизненного цикла товара и принципа «товар – рынок».

Наряду со стратегией разрабатывается тактика управления качеством продукции. Тактика представляет целенаправленную деятельность, которая

определяется на краткосрочный период. Тактика определяет пути, обеспечивающие постоянное приближение к заданным параметрам качества. Она разрабатывается и внедряется низшим руководящим звеном, а исполняется рядовыми сотрудниками предприятия.

Политика в области качества является начальной точкой программы руководства по качеству и одним из элементов общей политики предприятия.

Политика в области качества – это ориентир общего направления и выявления ее роли и места в деятельности предприятия.

Основными факторами, влияющими на формирование политики в области качества, являются:

- ситуация на рынке сбыта;
- конкурентоспособность продукции;
- научно–технический прогресс и борьба с конкурентами;
- состояние дел внутри предприятия;
- вложение инвестиций в развитие предприятия.

Разработанная политика в области качества в виде основных направлений и целей включается в «Руководство по качеству».

Все действия управления качеством осуществляются на основе специальных функций, многообразие которых затрагивает различные стороны объекта и субъекта управления. В этой связи их можно классифицировать на следующие управленческие функции.

Функции прогнозирования потребностей, технического уровня и качества продукции направлены на:

- выявление требований потребителей к номенклатуре, ассортименту и качеству продукции на перспективный период ее производства и потребления;
- выявление научно–технических и экономических возможностей и путей удовлетворения перспективных требований потребителя;
- определение номенклатуры, ассортимента и показателей качества при разработке перспективных видов продукции и модернизации существующих.

Функция планирования повышения качества продукции предполагает:

- разработку новых видов продукции (номенклатура, ее основные показатели, этапы и сроки разработки);
- освоение новых видов продукции;
- повышение технического уровня и качества выпускаемой продукции;
- разработку задания по освоению новой продукции и снятию с производства устаревших изделий;
- повышение качества изготовленной продукции и качества работы.

Нормативы и требования к качеству продукции предусматривают:

- изучение прогрессивных тенденций и перспектив развития данного вида продукции;
- выбор номенклатуры показателей качества и методов стандартизации;
- оптимизацию показателей качества продукции и их нормирование;
- установление в нормативно–технической документации правил организации и проведения испытаний.

Аттестация продукции включает комплекс организационно–технических и экономических мероприятий, обеспечивающих подготовку к аттестации продукции по категориям качества, а также проведение фирменной аттестации.

Функция разработки и налаживания производства продукции направлена на создание и освоение в короткие сроки образцов новой продукции, технический уровень и экономические показатели которой соответствуют лучшим отечественным и зарубежным достижениям или превосходят их.

Функция технологического обеспечения качества продукции призвана обеспечить технологическую готовность к производству продукции с первых образцов или партий в соответствии с заданными показателями.

Функция метрологического обеспечения качества продукции предполагает своевременное осуществление в полном объеме мероприятий по достижению единства и требуемой точности измерений параметров изделий, характеристик оборудования и инструмента.

Функция материально–технического обеспечения качества продукции направлена на поставку сырья, материалов, комплектующих изделий и др.

Функция подготовки и повышения квалификации персонала в области улучшения качества продукции направлена на организацию обучения всех категорий работающих передовым методам разработки, изготовления и использования продукции.

Функция организации взаимоотношений по качеству продукции между потребителями и поставщиками предполагает наличие широких информационных связей между поставщиками сырья, материалов, комплектующих изделий, с одной стороны, и между потребителями продукции и изготовителями, с другой.

Функция обеспечения стабильности запланированного уровня качества направлена на предупреждение и ликвидацию причин, отрицательно действующих на качество продукции, и поддержание показателей качества на уровне значений, установленных нормативно–технической документацией.

Функция стимулирования повышения качества продукции направлена на расширение выпуска изделий высокого качества и обеспечение систематического обновления ассортимента продукции. Включает широкий набор мер морального, материального поощрения работников и коллективов за выпуск продукции высокого качества, а также меры ответственности за производство некачественных изделий.

Функция контроля качества и испытаний продукции направлена на предотвращение выпуска продукции, не соответствующей требованиям стандартов, технических условий, чертежей, утвержденным образцам, условиям поставки и договорам.

Функция внутрипроизводственного учета и отчетности по качеству продукции заключается в систематической регистрации данных о фактическом количестве продукции и труда подразделений и отдельных работников, составлении отчетов на разных уровнях управления принятием решений.

Учету и отчетности подлежат:

- выполнение этапов разработки новых видов продукции;

- освоение новых видов продукции и мероприятия по повышению качества продукции;

- результаты аттестации;
- учет брака и потерь от брака;
- рекламация;
- качество труда, возврат на доработку;
- этапы разработки, внедрения, функционирования и совершенствования системы управления качеством;
- результаты проверки.

Функция технико–экономического анализа улучшения продукции направлена на выявление конечных результатов деятельности предприятий.

Функция правового обеспечения системы управления качеством продукции призвана обеспечить эффективное использование средств и форм юридического воздействия на органы и объекты управления на всех стадиях жизненного цикла продукции.

Информационное обеспечение системы управления качеством продукции необходимо для своевременного обеспечения руководителей и органов управления обоснованными и достоверными данными, характеризующими технический уровень и качество продукции на всех стадиях ее жизненного цикла.

Необходимо различать принципы управления качеством продукции:

- единство количества и качества продукции;
- эффективность качества;
- повышение уровня качества;
- системный подход к качеству;
- экономическое стимулирование;
- непрерывность и комплексность контроля;
- комплексность стандартизации и сертификации;
- создание систем управления качеством продукции.

Методы и средства управления – способы, которыми органы управления воздействуют на элементы производительного процесса, обеспечивая достижение и поддержание планируемого состояния и уровня качества продукции. В процессе управления качеством используется пять групп методов (рисунок 1.3).

Организационные методы в основном применяются для разработки и реализации обязательных для исполнения директив, приказов, предписаний, направленных на повышение качества деятельности организации. На рисунке 2 видно, что они включают стабилизирующие, распорядительные и дисциплинарные методы. Стабилизирующие методы связаны непосредственно с регламентацией деятельности организации (разработка руководства по качеству, политика в области качества, положение о структурных подразделениях и др., а также с ознакомлением персонала с содержанием основополагающих документов в области управления качеством путем объяснений, проведения обучения и консультаций. Распорядительные методы предполагают разработку, издание и выполнение определенных распоряжений,

приказов, инструкций, указаний, нацеленных на решение конкретных проблем в области управления качеством.

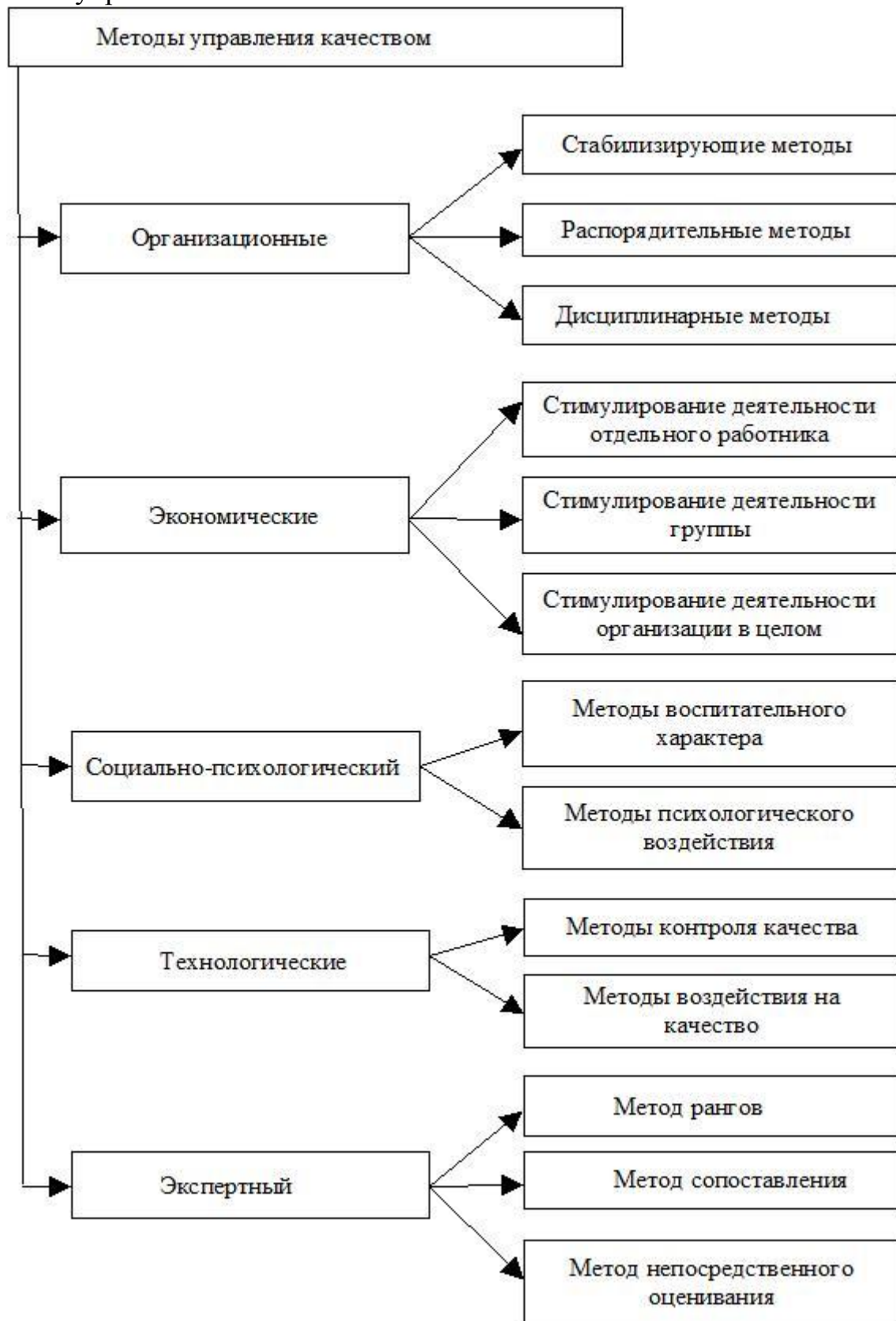


Рисунок 2 – Классификация методов управления качеством продукции

Применение дисциплинарных методов обусловлено установлением ответственности за те или иные поручения, а также определением форм поощрения работников за достижение в работе.

Использование организационных методов играет существенную роль в процессе реализации таких функций, как планирование и организация.

Экономические методы управления качеством непосредственно нацелены на реализацию функции мотивации персонала качественно выполнять свою работу в рамках стимулирования деятельности отдельного работника, группы и организации в целом.

Социально–психологические методы управления качеством включают методы воспитательного характера, а также методы психологического воздействия на сотрудников организации. Применение социально–психологических методов играет особую роль при реализации функции мотивации и принципа вовлеченности персонала в совершенствование деятельности организации. Одной из важнейших целей применения этих методов является мотивация высококачественного труда персонала путем создания возможностей для самовыражения в этом процессе.

Применением методов воспитательного характера нацелено:

- на воспитание особого отношения к высококачественному труду как искусству;
- воспитание патриотического отношения к организации;
- воспитание дисциплины и ответственности;
- воспитание и стимулирование инициативы;

Использование психологических методов связано с решением следующих задач:

- воздействие на неформальные коллективы и формирования общественного мнения о престижности высококачественного труда;
- создание положительного психологического климата в коллективе;
- разрешения конфликтных ситуаций, обеспечения психологической совместимости работников;
- воздействия положительными примерами.

Технологические методы включают методы контроля качества продукции и процесса, а также методы воздействия на качество продукции и процесса.

Экспертные методы основываются на экспертных оценках. Сущность экспертных методов заключается в устранении полученных различными способами мнений (суждений) специалистов – экспертов по рассматриваемым вопросам (методы рангов, непосредственного оценивания, сопоставления, организационный и социальный методы).

Также, средства управления включают оргтехнику (в том числе компьютеры), средства связи, все то, что используют органы и лица, выполняющие специальные функции в системах управления качеством. В состав средств управления качеством продукции также включаются:

- банк нормативной документации, регламентирующей показатели качества продукции и организующей выполнение специальных функций управления качеством;
- метрологические средства, включающие (в зависимости от уровня системы) государственные эталоны физических величин, образцовые и/или рабочие средства измерений;
- государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ);
- государственная служба стандартных справочных данных о свойствах веществ и материалов (ГССД).

Средства управления должны воздействовать на неудовлетворительные факторы и условия, а также координировать действия всех исполнителей.

Итак, в соответствии со стандартом ISO 9000 **«Качество – это совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворять установленные потребности»**.

Таким образом, качество продукции формируется на всех этапах жизненного цикла. Для того, чтобы оценить качество продукции необходимо определить показатели качества. Показатели качества – количественные характеристики одного или нескольких свойств продукции, входящих в качество и рассматриваемых применительно к определенным условиям ее создания.

Тема №2. Задачи и функции службы технического контроля продукции на предприятии

Система контроля качества продукции представляет собой совокупность взаимосвязанных объектов и субъектов контроля, используемых видов, методов и средств оценки качества изделий и профилактики брака на различных этапах жизненного цикла продукции и уровнях управления качеством. Эффективная система контроля позволяет в большинстве случаев осуществлять своевременное и целенаправленное воздействие на уровень качества выпускаемой продукции, предупреждать всевозможные недостатки и сбои в работе, обеспечивать их оперативное выявление и ликвидацию с наименьшими затратами ресурсов. Положительные результаты действенного контроля качества можно выделить и в большинстве случаев определить количественно на стадиях разработки, производства, обращения, эксплуатации (потребления) и восстановления (ремонта) продукции.

В рыночных условиях хозяйствования существенно возрастает роль служб контроля качества продукции предприятий в обеспечении профилактики брака в производстве, усиливается их ответственность за достоверность и объективность результатов осуществляемых проверок, недопущение поставки потребителям продукции низкого качества.

Организация и проведение технического контроля качества – одни из составных элементов системы управления качеством на стадиях производства и реализации продукции.

ГОСТ 16504-81 «Испытания и контроль качества продукции» определяет технический контроль как проверку соответствия объекта установленным техническим требованиям. В приборостроении он представляет собой совокупность контрольных операций, выполняемых на всех стадиях производства: от контроля качества поступающих на предприятие материалов, полуфабрикатов, комплектующих приборов и изделий до выпуска готовой продукции.

Сущность всякого контроля сводится к осуществлению двух основных этапов:

- получение информации о фактическом состоянии некоторого объекта, о признаках и показателях его свойств. Эту информацию можно назвать первичной;
- сопоставление первичной информации с заранее установленными требованиями, нормами, критериями, т. е. обнаружение соответствия или несоответствия фактических данных требуемым (ожидаемым). Информацию о рассогласовании (расхождении) фактических и требуемых данных можно называть вторичной.

В ряде случаев граница во времени между первым и вторым этапами контроля неразличима. В таких случаях первый этап может быть выражен нечетко или может практически не наблюдаться. Характерным примером является контроль размера калибром, сводящийся к операции сопоставления фактического и предельно допустимого значений размера.

Далее вторичная информация используется для выработки соответствующих управляющих воздействий на объект, подвергавшийся контролю. В этом смысле всякий контроль всегда активен. Необходимо отметить в связи с этим, что всякий контроль, кроме того, всегда в той или иной степени должен быть профилактическим, поскольку вторичная информация может использоваться для совершенствования разработки, производства и эксплуатации продукции, для повышения ее качества и т.д.

Однако, принятие решений на основе анализа вторичной информации, выработка соответствующих управляющих воздействий уже не является частью контроля. Это следующий этап управления, основанный на результатах контроля – неотъемлемой и существенной части всякого управления. При техническом контроле первичная информация сопоставляется с техническими требованиями, записанными в нормативной документации, с признаками контрольного образца, с данными, зафиксированными при помощи калибра и т.д.

Объектом, данные о состоянии и (или) свойствах которого подлежат при контроле сопоставлению с установленными требованиями может быть продукция или процесс. Объектом технического контроля выступает подвергаемая контролю продукция, процессы ее создания, применения, транспортирования, хранения, технического обслуживания и ремонта, а также соответствующая техническая документация. Объектами технического контроля являются предметы труда (например, продукция основного и вспомогательного производства в виде изделий, материалов, технической

документации и т.п.) средства труда (например, оборудование промышленных предприятий) и технологические процессы.

На стадии разработки продукции технический контроль заключается, например, в проверке соответствия опытного образца и (или) разработанной технической документации правилам оформления и техническому заданию.

На стадии изготовления технический контроль охватывает качество, комплектность, упаковку, маркировку и количество предъявляемой продукции, ход (состояние) производственных процессов.

На стадии эксплуатации продукции технический контроль заключается, например, в проверке соблюдения требований эксплуатационной и ремонтной документации.

Технический контроль является неотъемлемой частью производственного процесса. Он выполняется различными службами предприятия в зависимости от объекта контроля. Так, контроль за правильным использованием стандартов, технических условий, руководящих материалов и другой нормативно-технической документации в процессе подготовки производства осуществляет служба нормоконтроля. Качество технической документации контролируется непосредственными исполнителями и руководителями всех уровней в отделах главного конструктора, главного технолога, главного металлурга и других служб предприятия. Но контроль качества готовой продукции и полуфабрикатов своего производства осуществляет отдел технического контроля (ОТК), хотя ответственность за качество не снимается с исполнителей и руководителей производственных подразделений (цехов и участков).

Основной задачей технического контроля на предприятии является своевременное получение полной и достоверной информации о качестве продукции, состоянии оборудования и технологического процесса с целью предупреждения неполадок и отклонений, которые могут привести к нарушениям требований стандартов и технических условий.

Технический контроль призван обеспечивать требуемую настроенность процесса производства и поддерживать его стабильность, то есть устойчивую повторяемость каждой операции в предусмотренных технологических режимах, нормах и условиях. Объектами технического контроля на машиностроительном предприятии являются поступающие материалы, полуфабрикаты на разных стадиях изготовления, готовая продукция (детали, мелкие сборочные единицы, узлы, блоки, изделия), средства производства (оборудование, инструмент, приборы, приспособления и др.), технологические процессы и режимы обработки, общая культура производства.

Функции технического контроля определяются во многом задачами и объектами производства. Сюда относятся контроль за качеством и комплектностью выпускаемых изделий, учет и анализ возвратов продукции, дефектов, брака, рекламаций и др.

Главные задачи ОТК – предотвращение выпуска продукции, не соответствующей требованиям стандартов, технических условий, эталонов, технической документации, договорным условиям, укрепление

производственной дисциплины и повышение ответственности всех звеньев производства за качество выпускаемой продукции.

Продукция предприятия может быть реализована только после приемки ее ОТК. Причем приемка должна быть оформлена соответствующим документом (сертификатом), удостоверяющим качество продукции.

В соответствии с перечисленными задачами ОТК выполняет ряд функций: планирование и разработку методов обеспечения качества продукции, контроль и стимулирование качества.

Планирование и разработка методов обеспечения качества включает:

- планирование уровня качества изделия, планирование контроля качества и технических средств контроля;
- сбор информации о качестве, определение затрат на обеспечение качества, обработку информации и анализ данных о качестве из сферы производства и эксплуатации;
- управление качеством продукции, поставляемой поставщиками, и продукции собственного предприятия;
- разработку методик контроля, обеспечивающих сравнимость и надежность результатов контроля качества;
- разработку (совместно с техническими подразделениями) технических условий, кондиций, стандартов для управления качеством продукции.

Предприятиями и объединениями проводятся контроль на всех этапах создания конструкторской документации, отработка изделия на технологичность, внесение изменений, связанных с отработкой на технологичность, в конструкторскую документацию, оценка уровня технологичности изделия, принятого к производству.

При выполнении эскизного проекта ведутся контроль конструкторской документации и анализ конкретных конструкторских решений, в том числе целесообразности выбранных материалов, рациональности и технологичности членения конструкции на сборочные единицы, блоки, агрегаты, обеспечение простоты сборки и т.п.

Технический контроль состоит из контрольных операций и испытаний, весьма разнообразных по составу, содержанию, исполнителям, месту и времени исполнения, степени сложности изделий, характеру технологического процесса. Особенности технического контроля в машиностроении [9]:

- высокие требования к надёжности изделий;
- необходимость сплошного контроля на всех этапах производства, в том числе после каждой сборочной, монтажной, регулировочной операции;
- большой объём работ по контролю правильности функционирования и работоспособности изделий при испытаниях;
- большое число различных по физической природе контролируемых параметров и характеристик, измерение которых необходимо выполнять с высокой достоверностью и точностью;
- большой удельный вес контрольно-испытательных работ в общей трудоёмкости и цикле производства продукции.

Стимулирование качества охватывает:

- разработку документации, отражающей методы и средства мотивации в области обеспечения качества продукции;
- разработку положений о премировании работников предприятия за качество работы (совместно с отделом организации труда и заработной платы);
- обучение и повышение квалификации.

Необходимость первоочередного совершенствования деятельности служб технического контроля предприятий определяется их особым местом в производственном процессе. Так, непосредственная близость к контролируемым объектам, процессам и явлениям (во времени и пространстве) создает работникам контрольных служб наиболее благоприятные условия для следующего:

- разработки оптимальных планов контроля, основанных на результатах длительного наблюдения, анализа и обобщения информации о качестве исходных компонентов готовой продукции, точности оборудования, качестве инструмента и оснастки, стабильности технологических процессов, качестве труда исполнителей и других факторах, оказывающих непосредственное влияние на качество продукции;
- предупреждения брака и обеспечения активного профилактического воздействия контроля на процессы возникновения отклонений от требований утвержденных стандартов, технических условий, параметров действующих технологических процессов и др.;
- своевременного проведения в необходимом объеме всех предусмотренных контрольных операций;
- целенаправленного оперативного изменения условий функционирования объекта контроля для устранения возникающих сбоев в работе и предотвращения производства и поставки потребителям изделий ненадлежащего качества.

Необходимо подчеркнуть, что контроль качества, осуществляемый соответствующими подразделениями предприятий, является первичным (предшествующим во времени) по отношению к контролю со стороны других субъектов управления качеством. Это обстоятельство свидетельствует о необходимости первоочередного совершенствования деятельности служб технического контроля на предприятиях. На рисунке 1 показан типовой состав структурных подразделений отдела технического контроля (ОТК) крупного предприятия.



Рисунок 1 – Структурные подразделения ОТК

Возглавляет ОТК начальник отдела, непосредственно подчиняющийся директору предприятия. Назначение на должность начальника ОТК предприятия и освобождение от этой должности, а также применение к данному работнику мер поощрения и дисциплинарного взыскания производится вышестоящим органом по представлению директора предприятия.

Начальник ОТК имеет право прекратить приемочный контроль продукции, имеющей повторяющиеся дефекты, до устранения причин, вызвавших эти дефекты, запретил, использование сырья, материалов, комплектующих изделий и инструмента, не отвечающих установленным требованиям изготовления новой продукции. При возникновении брака начальник ОТК предъявляет обязательные для исполнения требования к подразделениям и должностным лицам предприятия по устранению причин возникновения дефектов продукции и представляет руководству предложения о привлечении к ответственности должностных лиц и рабочих, виновных в изготовлении бракованной продукции.

Он, наравне с директором и главным инженером предприятия, несет ответственность за выпуск недоброкачественной или несоответствующей стандартам и техническим условиям продукции. Структура и штатное

расписание ОТК предприятия разрабатываются на основе типовой структуры, с учетом производственных особенностей. Как правило, в составе отдела создаются:

- бюро технического контроля, территориально размещаемые в основных и вспомогательных цехах;
- бюро внешней приемки, обеспечивающее входной контроль материалов и комплектующих изделий;
- бюро заключительного контроля и испытаний готовой продукции;
- бюро анализа и учета брака и рекламации;
- центрально–измерительная лаборатория и ее контрольно–поверочные пункты, контролирующие состояние инструмента и оснастки, в том числе используемых при контроле качества;
- инспекторская группа, осуществляющая проверочный контроль качества продукции и целевые проверки соблюдения технологической дисциплины;
- подразделения контроля экспортной продукции;
- подразделение контроля качества лома и отходов цветных и благородных металлов.

ОТК в своей деятельности тесно связан с метрологическим отделом; отделами стандартизации, главного технолога, главного металлурга, главного конструктора; отделом надежности; отделом или цехом гарантийного обслуживания и др. Общее руководство работами по обеспечению качества продукции осуществляет главный инженер предприятия. Он привлекает для выработки и анализа вариантов управленческих решений постоянно действующую комиссию по качеству (ПДКК), в состав которой входят большинство главных специалистов предприятия, включая начальника ОТК. Контроль исполнения решений ПДКК, обработку информации по анализу и учету брака, а также расчет показателей качества труда ведут специалисты вычислительного центра системы управления качеством.

Тема №3. Виды и методы технического контроля продукции

Организационные формы и виды процессов технического контроля качества продукции весьма разнообразны. Поэтому целесообразно их деление на группы по классификационным признакам. Выделяют следующие виды контрольных операций :

По стадиям жизненного цикла изделия:

- контроль проектирования новых изделий;
- контроль производства и реализации продукции;
- контроль эксплуатации или потребления,

По объектам контроля:

- контроль предметов труда;
- контроль средств производства;

- контроль технологии;
- контроль труда исполнителей;
- контроль условий труда.

По стадиям производственного процесса:

- входной контроль, предназначенный для проверки качества материалов, полуфабрикатов, инструментов и приспособлений до начала производства
- промежуточный контроль, выполняемый по ходу технологического процесса (пооперационный);
- окончательный приемочный контроль, проводимый над заготовками, деталями, сборочными единицами, готовыми изделиями;
- контроль транспортировки и хранения продукции.

По степени охвата продукции:

- сплошной контроль, выполняемый при 100%—ном охвате предъявляемой продукции. Он применяется в следующих случаях: при ненадежности качества поставляемых материалов, полуфабрикатов, заготовок, деталей, сборочных единиц; когда оборудование или особенности технологического процесса не обеспечивают однородности изготавливаемых объектов; при сборке в случае отсутствия взаимозаменяемости; после операций, имеющих решающее значение для качества последующей обработки или сборки; после операций с возможным высоким размером брака; при испытании готовых изделий ответственного назначения;
- выборочный контроль, осуществляемый не над всей массой продукции, а только над выборкой. Обычно он используется в следующих случаях: при большом числе одинаковых деталей; при высокой степени устойчивости технологического процесса; после второстепенных операций.

По месту выполнения:

- стационарный контроль, выполняемый в стационарных контрольных пунктах, которые создаются в следующих случаях: при необходимости проверки большого числа одинаковых объектов производства, которые требуют специально оборудованных контрольных пунктов (сложная измерительная аппаратура); при возможности включения работы стационарного контрольного пункта в поток заключительных операций производственного процесса;
- скользящий контроль, выполняемый непосредственно на рабочих местах, как правило, в следующих случаях: при проверке громоздких изделий, неудобных для транспортировки; при изготовлении малого числа одинаковых изделий; при возможности применения простых контрольно—измерительных инструментов либо приборов.

По времени выполнения:

- непрерывный;
- периодический.

По организационным формам выявления и предупреждения брака:

- летучий контроль, выполняемый контролером произвольно без графика при систематическом обходе закрепленных за ним рабочих мест;

- кольцевой контроль, заключающийся в том, что за контролером закрепляется определенное количество рабочих мест, которые он обходит «по кольцу» периодически в соответствии с часовым графиком, причем продукция проходит контроль на месте ее изготовления;

- статистический контроль, являющийся формой периодического выборочного контроля, основанный на математической статистике и позволяющий обнаружить и ликвидировать отклонение от нормального хода технологического процесса раньше, чем эти отклонения приведут к браку;

- текущий предупредительный контроль, выполняемый с целью предупреждения брака в начале и в процессе обработки. Он включает: проверку первых экземпляров изделий; контроль соблюдения технологических режимов; проверку вступающих в производство материалов, инструментов, технологической оснастки и др.

По влиянию на возможность последующего использования продукции:

- разрушающий контроль;
- неразрушающий контроль.

По степени механизации и автоматизации:

- ручной контроль;
- механизированный контроль;
- автоматизированный (автоматизированные системы управления качеством) контроль;
- автоматический контроль;
- активный и пассивный контроль продукции.

По исполнителям:

- самоконтроль;
- контроль мастеров;
- контроль ОТК;
- инспекционный контроль;
- одноступенчатый контроль (контроль исполнителя и приемка ОТК);
- многоступенчатый контроль (контроль исполнителя и операционный, а также специальный и приемочный).

По используемым средствам:

- измерительный контроль, применяемый для оценки значений контролируемых параметров изделия: по точному значению (используются инструменты и приборы шкальные, стрелочные и др.) и по допустимому диапазону значений параметров (применяются шаблоны, калибры и т.п.);
- регистрационный контроль, осуществляемый для оценки объекта контроля на основании результатов подсчета (регистрации определенных качественных признаков, событий, изделий);
- органолептический контроль, осуществляемый посредством только органов чувств без определения численных значений контролируемого объекта;
- визуальный контроль – вариант органолептического, при котором контроль осуществляется только органами зрения;

- контроль по образцу, осуществляемый сравнением признаков контролируемого, изделия с признаками контрольного образца (эталона);
- технический осмотр, осуществляемый в основном с помощью органов чувств и при необходимости – с привлечением простейших средств контроля.

Методы технического контроля характерны для каждого участка производства и объекта контроля. Здесь различают:

- визуальный осмотр, позволяющий определить отсутствие поверхностных дефектов;
- измерение размеров, позволяющее определять правильность форм и соблюдения установленных размеров в материалах, заготовках, деталях и сборочных соединениях;
- лабораторный анализ, предназначенный для определения механических, химических, физических, металлографических и других свойств материалов, заготовок, деталей;
- механические испытания для определения твердости, прочности и других параметров;
- рентгенографические, электротермические и другие физические методы испытаний;
- технологические пробы, проводимые в тех случаях, когда недостаточно лабораторного анализа;
- контрольно–сдаточные испытания, служащие для определения заданных показателей, качества;
- контроль соблюдения технологической дисциплины;
- изучение качества продукции в сфере потребления;
- электрофизические методы измерения параметров изделия;
- методы исследования и контроля, основанные на использовании электронных, ионных, ортонных пучков.

В последние годы более широкое распространение в промышленности находят новые физико-технические методы контроля качества продукции, основанные на использовании ультразвука, рентгеноскопии, радиоактивных изотопов. Эти методы позволяют расширить возможности контроля качества продукции и анализа технологических процессов, не вызывая разрушения образцов и, как правило, обеспечивая экономический эффект.

Тема №4. Система показателей качества продукции

Свойства продукции могут быть охарактеризованы количественно и качественно. Качественные характеристики – это, например, соответствие изделия современному направлению моды, дизайну, цвету и т.д.

Количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, составляющих ее качество, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания и эксплуатации или потребления (например, безотказность работы, трудоемкость, себестоимость и т.д.) Выбор показателей качества устанавливает перечень наименований количественных характеристик свойств продукции, входящих в состав ее качества и обеспечивающих оценку уровня качества продукции.

Обоснование выбора номенклатуры показателей качества производится с учетом:

- назначения и условий использования продукции;
- анализ требований потребителя;
- задача управления качеством продукции;
- состава и структуры характеризующих свойств;
- основных требований к показателям качества

Первый признак классификации характеризует все свойства продукции, входящие в состав ее качества, и служит для выбора и обновления номенклатуры, соответствующей потребностям населения, народного хозяйства или экспорта.

Второй признак – применяется для технико-экономического анализа качества продукции и отражает полезный эффект каждого свойства, выраженный как в натуральных, так и в стоимостных единицах.

Третий признак предназначен для применения в различных методах оценки технического уровня и качества продукции.

Четвертый признак – служит для выбора базовых образцов продукции, для оформления карт технологического уровня и качества продукции, документов, в которых сравниваются значения показателей качества оцениваемой продукции и базового образца.

Пятый признак – необходим для учета особенностей оценки качества продукции на различных стадиях ее жизненного цикла.

По характеризующим свойствам применяют следующие группы показателей: назначения; экономические показатели; эргономические и эстетические; технологичности; типизации.

Показатели назначения характеризуют свойства продукции, определяющие основные функции, для выполнения которых она предназначена, и обуславливают область ее применения, к ним относятся производительность, универсальность применения, качество выполняемых функций, КПД, нормы расходных средств.

Показатели надежности. Надежность является одним из основных свойств продукции. Чем ответственнее функции продукции, тем выше должны быть требования к надежности.

Надежность изделия в зависимости от назначения и условий его применения включает безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость.

Безотказность – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течении некоторого времени или некоторой наработки.

К показателям безотказности относятся: вероятность безотказной работы, средняя наработка на отказ, интенсивность отказа, параметр потока отказов.

Долговечность – свойство изделия сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта. Долговечность характеризует свойство надежности с позиции предельной длительности сохранения работоспособности изделия с учетом перерывов в работе – это срок $T_{пр}$.

Сохраняемость – свойство изделия сохранять значения показателей безопасности, долговечности и ремонтпригодности в течении и после хранения или транспортирования. В общем виде эта функция имеет следующий вид. Форма кривой показывает, что в первое время использования изделия (T_n) показатели его качества не ухудшаются. А затем начинается ежегодное снижение показателей качества, и чем больше срок службы изделия, тем больше доля ежегодного снижения. После наступления предельного срока ($T_{пр}$) изделие списывается.

Ремонтпригодность – свойство изделия. Заключающиеся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, повреждений и поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания и ремонтов.

Ремонтпригодность изделия оценивается коэффициентом готовности (технического использования), который определяется по формуле:

$$K_T = T_o / (T_o + T_v),$$

где T_o – средняя наработка на отказ восстанавливаемого изделия, ч.;

T_v – среднее время восстановления изделия после отказа, ч.

Эргономические показатели характеризуют удобство и комфорт потребления (эксплуатации) изделия на этапах функционального процесса в системе «человек–изделие–среда использования». Эргономические показатели продукции классифицируются на:

- гигиенические – показатели, используемые при определении соответствия изделия гигиеническим условиям жизнедеятельности и работоспособности человека при взаимодействии его с изделием;

- антропометрические – показатели, используемые при определении соответствия изделия размерам и форме человеческого тела и его отдельных частей;

- физиологические и психофизиологические – показатели, используемые при определении соответствия изделия физиологическим свойствам (требованиям) человека и особенностям функционирования его организма

(скоростные и силовые возможности человека, пороги слуха, зрения, тактильного ощущения);

- психологические – показатели, используемые при определении соответствия изделия психологическим особенностям человека, находящим отражение в инженерно–психологических требованиях, требованиях психологии труда и общей психологии. Предъявляемым к промышленным изделиям.

Эстетические показатели характеризуют информационную выразительность, рациональность форм. Целостность композиции, совершенство производственного исполнения. Оценка эстетических показателей качества конкретных изделий проводится экспертной комиссией. За критерии эстетической оценки принимается ранжированный (эталонный) ряд изделий аналогичного класса и назначения, составляемый экспертами на основе базовых образцов.

Показатели безопасности характеризуют особенности продукции, обеспечивающие человека (обслуживающего персонала) при эксплуатации или потреблении продукции, монтаже, обслуживании, ремонте, хранении, транспортировании и т.д. примерами показателей безопасности могут служить: вероятность безопасной работы человека в течение определенного времени. Время срабатывания защитных устройств, электрическая прочность высоковольтных цепей.

Показатели технологичности характеризуют свойства продукции, обуславливающие оптимальное распределение затрат, материалов, труда и времени при технологической подготовке производства, изготовлении и эксплуатации продукции.

К основным показателям технологичности конструкции относятся следующие:

Коэффициенты блочности (K_b), рекомендуется определять по формуле:

$$K_{бл} = C_{бл} / C,$$

где $C_{бл}$ – стоимость самостоятельных, легкоотделимых блоков или агрегатов, выполняющих самостоятельную функцию, руб.;

C – себестоимость объекта, руб.

К показателям типизации относятся: уровни унификации и стандартизации, совместимость технологическая, совместимость эксплуатационная по обслуживанию, ремонту, материалам.

Коэффициент межпроектной унификации (заимствования) компонентов конструкции объекта ($K_{м.ун}$) определяется по формуле

$$K_{м.ун} = N_{заим} / N,$$

где $N_{заим}$ – количество наименований деталей и других составных частей изделия (без стандартного крепежа), заимствованных из других проектов, шт.;

N – общее количество наименований деталей и других составных частей изделия (без стандартных крепежей), которое равняется сумме заимствованных и оригинальных, шт.

Коэффициент унификации (заимствования) технологических процессов изготовления объекта ($K_{у.м.н}$) определяется по формуле:

$$K_{у.м.н} = N_{с.т.п} / N_{т.п} ,$$

где $N_{с.т.п}$ — количество наименований существующих технологических процессов, заимствованных для производства нового изделия шт.;

$N_{т.п.}$ — общее количество наименований технологических процессов изготовления нового изделия, которое равняется сумме заимствованных и вновь разработанных технологических процессов шт.

Показатели стандартизации характеризуют насыщенность продукции стандартами, унифицированными и оригинальными частями, а также уровень унификации с другими изделиями.

К показателям стандартизации и унификации относятся следующее:

Коэффициент стандартизации продукции ($K_{ст}$)

$$K_{ст} = N_{ст} / N ,$$

где $N_{ст}$ — количество типоразмеров (наименований) составных частей продукции, выпускаемых по государственным, республиканским стандартам, стандартам фирмы (предприятия), кроме стандартных крепежных изделий шт.;

N — общее количество типоразмеров составных частей продукции, шт.

Коэффициент межпроектной унификации комплектов конструкции продукции;

Коэффициент повторяемости составных частей изделия ($K_{п}$)

$$K_{п} = n / N > 1 ,$$

где n — общее количество повторяющихся частей изделия, шт.

Кроме перечисленных показателей, также рассчитываются и анализируются коэффициенты повторяемости и унификации по конструктивным элементам: размеры, радиусы, диаметры, резьбы, мощность и другие элементы.

Удельный вес деталей изделия с механической обработкой ($d_{мех}$) определяется по формуле:

$$d_{мех} = N_{мех} / N ,$$

где $N_{мех}$ — количество наименований деталей объекта, трудоемкость механической обработки которых выше 10% полной трудоемкости их изготовления, шт.;

N — общее количество деталей этого изделия, шт.

Коэффициент прогрессивности технологических процессов изготовления изделия ($K_{\text{пр.т.п}}$) определяется по формуле:

$$K_{\text{пр.т.п}} = N_{\text{пр.т.п}} / N_{\text{т.п}},$$

где $N_{\text{пр.т.п}}$ – количество наименований прогрессивных технологических процессов предмета труда, возраста технологии и метод изготовления, шт.;

$N_{\text{т.п.}}$ – общее количество технологических процессов, шт.

Чем выше программа изготовления предмета труда, тем больше должен быть удельный вес методов, обеспечивающих минимальные затраты труда и энергии на изготовление, выше уровень автоматизации производства.

Показатели транспортабельности характеризуют приспособленность продукции к транспортированию без ее использования или потребления. Основными показателями являются: средняя продолжительность подготовки продукции к транспортированию, средняя продолжительность установки продукции на средство транспортирования определенного вида т.д. Наиболее полно транспортабельность оценивается стоимостным показателем, позволяющим одновременно учесть материальные и трудовые затраты. Квалификацию и количество людей, занятых работами по транспортированию.

Экологические показатели характеризуют уровень вредных воздействий на окружающую среду, возникающих при эксплуатации или потреблении продукции. Учет экологических показателей должен обеспечить: ограничение поступлений в природную среду промышленных, транспортных и бытовых сточных вод и выбросов для снижения содержания загрязняющих веществ в атмосфере. Не превышающих предельно допустимые концентрации; сохранение и рациональное использование биологических ресурсов и т.д.

При оценке уровня качества продукции необходимо учитывать экономические показатели, характеризующие затраты на разработку, изготовление, эксплуатацию или потребление продукции

Экономические показатели – это расход материальных ресурсов, затраты на расходные материалы при эксплуатации технических объектов, затраты времени при применении, экономическая эффективность изделия.

Показатели качества, как и физические величины, могут иметь размерность или быть безразмерными. Количественной характеристикой показателей качества является их размер, который следует отличать от значения – выражение размера в определенных единицах.

Значения показателей качества, как и физических величин, могут быть абсолютными и относительными.

Абсолютные значения физических величин всегда имеют размерность, а относительные – всегда безразмерные. Абсолютные же значения показателей качества могут быть как размерными, так и безразмерными, а относительные – только безразмерными.

Пример абсолютных значений показателей качества: масса изделия – показатель транспортабельности; эксплуатационная скорость автобуса –

показатель его назначения; освещенность на рабочем месте – эргономический показатель

Примерами относительных значений показателей технологичности продукции являются:

Относительная трудоемкость изготовления и / или эксплуатации

$$T_{\text{о.в.р.}} = T_{\text{в.р.}} / T ,$$

где $T_{\text{в.р.}}$ – трудоемкость по видам производимых работ, руб./ед.прод.

T – трудоемкость изготовления и /или эксплуатации, руб./ед.прод.

Относительная себестоимость изготовления и /или эксплуатации

$$C_{\text{ов.р.}} = C_{\text{в.р.}} / C ,$$

где $C_{\text{в.р.}}$ – себестоимость по видам работ, руб.;

C – технологическая себестоимость изготовления, руб.

Понятие «качество» является многогранным. Оно включает качество организации, экономических расчетов, технологического оборудования и технологии производства, экологических параметров, социально–психологических отношений, этических норм. Каждая составляющая качества вносит свой вклад в общее качество продукции.



Показатели качества продукции по характеризующим свойствам

Показатели надежности характеризуют следующие свойства:

Безотказность - свойство изделия непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки, выражающейся в вероятности безотказной работы, средней наработки до отказа, интенсивности отказов.

Ремонтопригодность — свойство изделия, заключающееся в приспособленности его к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, повреждений и устранению их последствий путем проведения ремонтов и технического обслуживания. Единичными показателями ремонтопригодности являются вероятность восстановления работоспособного состояния, среднее время восстановления.

Восстанавливаемость изделия характеризуется средним временем восстановления до заданного значения показателя качества и уровнем восстановления.

Сохраняемость - свойство продукции сохранять исправное и работоспособное, пригодное к потреблению состояние в течение и после хранения и транспортирования. Единичными показателями сохраняемости могут быть средний срок сохраняемости и назначенный срок хранения.

Долговечность - свойство изделия сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонтов. Единичными показателями долговечности являются средний ресурс, средний срок службы.

Показатели экономичности определяют совершенство изделия по уровню затрат материальных, топливно-энергетических и трудовых ресурсов на его производство и эксплуатацию. Это в первую очередь:

- себестоимость;
- цена покупки;
- цена потребления;
- рентабельность и пр.

Эргономические показатели характеризуют систему «человек — изделие — среда использования» и учитывают комплекс таких свойств человека, как:

- гигиенические;
- антропометрические;
- физиологические;
- психологические.

Эстетические показатели характеризуют:

- информационно-художественную выразительность изделия;
- рациональность формы;
- целостность композиции.

Показатели технологичности имеют отношение к таким свойствам конструкции изделия, которые определяют его приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и восстановлении заданных значений показателей качества. Они являются определяющими для показателей экономичности. К единичным показателям технологичности относятся:

- удельная трудоемкость;
- материалоемкость;
- энергоемкость изготовления и эксплуатации изделия;
- длительность цикла технического обслуживания и ремонтов и др.

Показатели стандартизации и унификации характеризуют насыщенность изделия стандартными, унифицированными и оригинальными составными частями, каковыми являются входящие в него детали, узлы, агрегаты, комплекты и комплексы. К данной группе показателей относятся коэффициенты:

применяемости;
повторяемости;
унификации изделия или группы изделий.

Патентно-правовые показатели характеризуют степень патентной чистоты технических решений, использованных в изделии, определяющей ее конкурентоспособность на внутреннем и внешнем рынке.

Экологические показатели определяют уровень вредных воздействий на окружающую среду в процессе эксплуатации или потребления изделия. К ним относятся:

содержание вредных примесей, выбрасываемых в окружающую среду;
вероятность выброса вредных частиц, газов и излучений, уровень которых не должен превышать предельно допустимой концентрации.

Показатели безопасности характеризуют особенности продукции, обуславливающие при ее использовании безопасность человека и других объектов. Они должны отражать требования к мерам и средствам защиты человека в условиях аварийной ситуации, не санкционированной и не предусмотренной правилами эксплуатации в зоне возможной опасности.

Показатели качества продукции по количеству характеризующих свойств

Показатель, по которому принимается решение оценивать качество продукции, называется определяющим. Свойства, учитываемые определяющим показателем, могут характеризоваться единичными, комплексными (обобщающими) и (или) интегральными показателями, которые относятся к классификационному признаку показателей качества продукции по количеству характеризующих свойств.

Единичные показатели характеризуют одно свойство продукции, составляющее ее качество применительно к определенным условиям создания, эксплуатации и потребления.

Комплексные (обобщающие) показатели являются средней величиной, учитывающей количественные оценки основных свойств продукции и их коэффициентов весомости.

Интегральные показатели отражают соотношение полезного эффекта от эксплуатации и затрат на приобретение и эксплуатацию продукции.

Оптимальным значением показателя качества продукции является такое, при котором достигается наибольший полезный эффект от эксплуатации (потребления) продукции при заданных затратах на ее создание и эксплуатацию (потребление).

Аналогичные показатели качества определяются для предметов потребления, однако они должны учитывать специфику назначения и использования этих предметов.

В мировой практике с целью оценки степени превосходства продукции используется градация (класс, сорт) — категория или разряд, присвоенные продукции, имеющей то же самое функциональное применение, но различные требования к качеству.

При численном обозначении высшему классу обычно присваивается число 1, а при обозначении количеством каких-либо знаков, например звездочек, обычно низший класс имеет меньшее количество таких знаков.

Согласно Федеральному закону РФ «О защите прав потребителей»:

по товарам длительного пользования изготовитель обязан устанавливать срок службы;

по продуктам питания, медикаментам, товарам бытовой химии - срок годности.

Эти два показателя устанавливают сроки, по истечении которых товар представляет опасность для жизни, здоровья и имущества потребителя или становится непригодным для использования по назначению.

Особенности оценки качества продукции производственно-технического назначения и предметов потребления отражаются в отраслевой нормативно-технической документации, которая регламентирует выбор номенклатуры показателей качества, методики их расчета и область применения.

Тема №5. **Факторы, влияющие на качество продукции**

Работа над качеством продукции начинается с исследования потребностей. Это самый важный этап жизненного цикла любого товара, так как именно на нем решается общий замысел товара, формируется образ, определяются самые общие характеристики.

На каждом предприятии на качество продукции влияют самые различные факторы, как внутренние, так и внешние.

К внутренним факторам относятся такие, которые связаны со способностью предприятия выпускать продукцию надлежащего качества, т.е. зависят от деятельности самого предприятия. Они многочисленны, и их целесообразно классифицировать в следующие группы:

- технические,
- организационные,
- экономические,
- социально–психологические.

Технические факторы самым существенным образом влияют на качество продукции. Поэтому внедрение новой техники и технологии, применение новых материалов, более качественного сырья – материальная основа для выпуска конкурентоспособной продукции. Технический уровень и прежде всего производственное оборудование непосредственно отражаются на качестве продукции.

Чем выше точность, надежность и прогрессивность применяемого оборудования, тем выше качество продукта деятельности организации. Достижение необходимого технического уровня связано не только с его обновлением, но и с поддержанием соответствующего уровня действующего оборудования в процессе технического обслуживания и ремонта. Наибольший эффект может быть достигнут при высоком уровне отлаженности технического процесса. Чем меньше сбоев в работе, тем выше качество продукции.

Важнейшим фактором, влияющим на качество продукции, является система стандартизации. Стандартизация – это установление правил и их применение с целью упорядочения деятельности в определенной области на пользу и при участии всех заинтересованных сторон, в частности для достижения всеобщей оптимальной экономии при соблюдении условий эксплуатации и требований безопасности. Стандарты основываются на обобщенных результатах науки, техники и практического опыта и должны обеспечивать оптимальную пользу обществу [11] организационные факторы связаны с совершенствованием организации производства и труда, повышением производственной дисциплины и ответственности за качество продукции, обеспечением культуры производства и соответствующего уровня квалификации персонала, внедрением системы управления качеством и его сертификации, улучшением работы службы ОТК.

Влияние культуры производства на качество конечного продукта деятельности организации достаточно велико. Например, запыленность или загрязнение часто бывают причиной брака при окраске различных изделий,

плохое освещение часто вызывает большое число ошибок, особенно в процессах, требующих высокой точности.

Чем выше уровень квалификации персонала, тем выше качество продукции. Основная задача подготовки, переподготовки, повышение квалификации и аттестации кадров заключается в обеспечении соответствия квалификационного уровня руководителей и специалистов организации требованиям задач, решаемым в области качества.

Процесс приведения системы качества в соответствие с требованиями стандарта может быть трудоемким и занимать много времени. Поэтому, прежде чем принять решение о подготовке системы качества к сертификации, руководство предприятия должно тщательно взвесить все “за” и “против”, а также ясно определить, зачем компании нужен сертификат на систему качества.

Экономические факторы обусловлены затратами на выпуск и реализацию продукции, затратами на обеспечение необходимого уровня качества продукции, политики ценообразования и системой экономического стимулирования персонала за производство высококачественной продукции.

Затраты на качество продукции – это затраты, которые необходимо понести, чтобы обеспечить удовлетворенность потребителя продукцией. Существует несколько классификаций затрат на качество.

«Затраты на предупредительные мероприятия» и «Затраты на контроль» соответствуют категории «Затраты на соответствие», т.е. все затраты, которые необходимо понести, чтобы сделать все правильно с первого раза. Данные затраты невозможно свести к нулю, так как не оценивать качество и не проводить предупредительных мероприятий – означает пустить качество на самотек. «Внешние потери» и «Внутренние потери» соответствуют «Затратам на несоответствие» (т.е. все затраты, которые приходится нести из-за того, что не все делается правильно с первого раза) так как бра, обнаруженный внутри фирмы или же потребителем – это в любом случае потери, за которые приходится платить. Данные затраты можно и нужно сделать как можно меньше довести до нуля.

Социально–психологические факторы в значительной мере влияют на создание здорового социально–психологического климата в коллективе, нормальных условий для работы, воспитание персонала в духе преданности и гордости за марку своего предприятия, моральное стимулирование работников за добросовестное отношение к работе – все это важные составляющие для выпуска качественной продукции.

Иногда, даже трудно понять, какие факторы более важны для решения рассматриваемой проблемы.

Внешние факторы (те, на которые организация не может воздействовать и которыми она не управляет) в условиях рыночных отношений также способствуют формированию качества продукции. Факторы внешней среды оказывают влияние на нее косвенно, к ним в первую очередь относятся: поставщики; потребители; конкуренты; нормативные документы в области качества продукции; маркетинговые посредники; контактные аудиторы, т.е.

необходимость завоевания достойного места как на внутреннем, так и на внешнем рынке.

К факторам внешней среды мы относим: непосредственных конкурентов фирмы по выпускаемым ею товарам; всех конкурентов поставщиков (“вход”). Чем выше конкуренция по “входу” и ”выходу“ системы, тем выше будет конкурентоспособность выпускаемых фирмой товаров. Конкуренты поставщиков фирмы ”выталкивают“ из данного сегмента непосредственных поставщиков, с которыми фирма заключила контракты, и они относятся в данный момент к ее “входу”. Конкуренты фирмы по выпускаемым ею товарам тоже ”выталкивают“ ее из данных сегментов, т.е. оказывают сопротивление (поэтому стрелки направлены против хода). Маркетинговые посредники по “входу” и ”выходу“ фирмы оказывают содействие (помогают) ей в реализации поставленных целей.

Чтобы заключать договора с поставщиками (“вход” системы): надо изучить показатель качества поступающего сырья (по видам) и материалов; показатели качества (полезного эффекта) комплектующих изделий, оснастки, запасных частей и т.д.; показатели качества информации, поступающей на фирму; показатели качества подготовки специалистов, поступающих на фирму; прогноз изменения условий поставок.

С потребителями (”выход“ системы): тенденции изменения круга потребителей основных потребителей товаров фирмы; прогноз изменения параметров рынка по объему и ассортименту товаров; прогноз изменения доходов потребителей; прогноз изменения состава и значений признаков сегментации рынка внутри страны и в мире.

Конкуренция в широком смысле слова означает соперничество в любой сфере деятельности. Чтобы более рационально использовать все имеющиеся ресурсы предприятия организация должна проводить анализ качества, цен и конкурентоспособности товаров конкурентов; анализ организационно–технического уровня производства основных конкурентов; прогнозирование конкурентоспособности и удельной цены товаров основных конкурентов; прогнозирование рыночной стратегии основных конкурентов.

Конкурентные аудиторы проводят: анализ отношения к фирме и ее товару финансовых кругов региона (страны), средств массовой информации, государственных и муниципальных учреждений, гражданской группы содействия, общественных организаций.

Маркетинговые посредники: анализируют имидж структуры и стратегии торговых посредников и уточняют совместно с ними стратегии маркетинга продвижения товаров; налаживают контакты с агентствами по оказанию маркетинговых услуг (рекламные агентства, консалтинговые фирмы, фирмы маркетинговых исследований); устанавливают связь с кредитно–финансовыми учреждениями.

Нормативные документы в области качества продукции помогают: анализировать влияние ставок налогов, таможенных пошлин, квот, лицензий и других показателей на эффективность работы фирмы; подготавливать

предложения по совершенствованию законодательства по налоговой системе и внешнеэкономической деятельности.

В основном все факторы, как внутренние, так и внешние, тесно связаны между собой, и все они влияют на качество продукции. Всегда необходимо помнить, что на каждом этапе развития предприятия степень влияния этих факторов неодинакова. Поэтому соответствующие службы должны их ранжировать по степени влияния и отдавать предпочтение тем из них, которые в наибольшей степени влияют на качество продукции.

10 этапов для повышения качества по Джозефу М.Джурану:

- Сформируйте осознание потребности в качественной работе и создайте возможность для улучшения качества.
- Установите цели для постоянного совершенствования деятельности.
- Создайте организацию, которая будет работать над достижением целей, создав условия для определения проблем, выбора проектов, сформировав команды и выбрав координаторов.
- Предоставьте обучение всем сотрудникам организации.
- Выполняйте проекты для решения проблем.
- Информируйте сотрудников о достигнутых улучшениях.
- Выражайте свое признание сотрудникам, внесшим наибольший вклад в улучшение качества.
- Сообщайте о результатах.
- Регистрируйте успехи.
- Внедряйте достижения, которых Вам удалось добиться в течение года, в системы и процессы, регулярно функционирующие в организации, тем самым, закрепляя их.

Тема №6. Общие сведения о качестве прибора и точности деталей. Основные показатели точности поверхностей. Взаимосвязь показателей точности поверхностей и их нормирование

Общие сведения о качестве прибора и точности деталей

Под качеством прибора будем понимать совокупность его свойств, определяющих пригодность прибора удовлетворять определённые потребности в соответствии с его назначением.

Качество прибора закладывается в ходе конструкторской и технологической подготовки, обеспечивается в течение всего производства и поддерживается в период эксплуатации.

Структура современного прибора, в общем случае, включает в себя оптическую, механическую и электрическую части. Таким образом, качество прибора складывается из качества изготовления каждой части, а также качества сборки частей в единую конструкцию.

«Оптических деталей в любом оптическом приборе в среднем не более 10%, остальные 90% приходятся на детали механические», отсюда «качество оптического прибора зависит не только от качества оптики; очень качественная оптика не может дать полного эффекта из-за несовершенства изготовления и сборки механических деталей» [17].

Одним из важнейших показателей качества прибора является точность. Точность есть мера соответствия. Между чем и чем? В данном случае, между параметрами теоретически необходимого прибора, которые производны от его служебного назначения, и параметрами реального прибора, изготовленного на стадии производства (производственная точность) и применяемого на стадии эксплуатации (эксплуатационная точность). Обеспечение производственной точности должно гарантировать эксплуатационную точность.

В общем случае под точностью понимают степень приближения истинного значения рассматриваемого параметра к его теоретическому значению [15].

Понятие точности связано с понятием отклонения. Отклонение определяется интервалом (диапазоном) возможных значений каждого из параметров прибора. Чем меньше интервал, тем меньше отклонение и выше точность. Чем больше интервал, тем больше отклонение и меньше точность.

Точность прибора определяется точностью изготовления составляющих его деталей и точностью соединения деталей в сборочные единицы. Таким образом, речь идёт как о точности деталей, так и о точности технологических процессов [14].

Как известно, основным конструкторским документом для детали является её чертёж. О графических изображениях речь шла в предыдущей лекции. Основные показатели точности поверхностей детали и их обозначения на чертежах будут рассмотрены ниже.

Основные показатели точности

Поверхность, ограничивающая тело и отделяющая его от окружающей среды, называется **реальной поверхностью**. Реальная поверхность образуется

в ходе изготовления детали и, в отличие от номинальной поверхности, изображаемой на чертеже, всегда имеет неровности. К показателям, характеризующим точность реальной поверхности, относят следующие шесть:

- шероховатость;
- волнистость;
- отклонения размеров;
- отклонения формы;
- отклонения взаимного расположения;
- суммарные отклонения формы и расположения.

Три из шести показателей – шероховатость, волнистость и отклонения формы – определяют отклонения профиля поверхности детали (рис. 1).

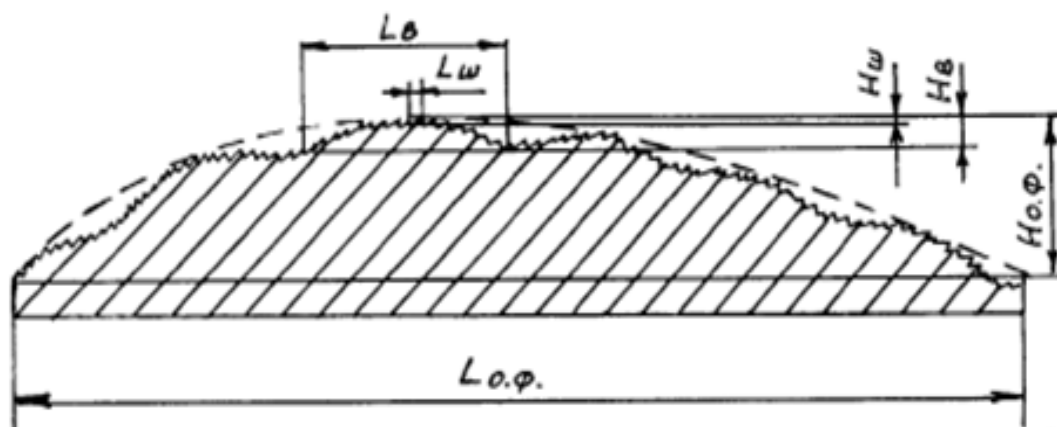


Рис. 1. Эскиз профиля поверхности детали

Шероховатость изображена маленькими гребешками, волнистость – средними волнами, отклонение формы – большими волнами.

Границу между значениями этих трёх отклонений можно установить по соотношению шага (L) к высоте (H) неровности профиля на различных по длине участках поверхности.

Принято допущение, что неровность следует классифицировать;

- при $L/H < 40-50$ – как шероховатость,
- при $L/H > 1000$ – как отклонение формы,
- значения между этими интервалами рассматривать, как волнистость.

Взаимосвязь показателей точности поверхностей

Поскольку все показатели точности отнесены к одному объекту – поверхности и характеризуют её состояние с точки зрения качества, то логично рассматривать и назначать их во взаимосвязи.

Для не точных по размеру поверхностей взаимосвязь параметров точности не имеет принципиального значения, и параметры могут назначаться независимо. Например, к не точным по размерам поверхностям могут предъявляться жёсткие требования по шероховатости (поверхности ручек, хирургического инструмента и т.п.).

Совсем иначе обстоит дело с точными по размеру поверхностями. В этом случае необходимо, чтобы остальные параметры точности не выходили за пределы точности размера и находились в определённом соотношении.

В частности, в литературе [5, 6, 9, 10] приводятся эмпирические зависимости:

- высоты шероховатости от допуска на размер (δ_p) и величины номинального размера (d) [10, с. 16]:

$$Rz = (0,10-0,15) \delta_p, \text{ при } d > 50 \text{ мм};$$

$$Rz = (0,15-0,20) \delta_p, \text{ при } d = 18-50 \text{ мм};$$

$$Rz = (0,20-0,25) \delta_p, \text{ при } d < 18 \text{ мм}.$$

- высоты шероховатости от допуска на размер (δ_p) и качества [5, с. 138]:

$$Rz \leq 0,25\delta_p, \text{ для размеров с качествами 5-10};$$

$$Rz \leq 0,125 \delta_p, \text{ для размеров с качествами грубее 10-го}.$$

- высоты шероховатости от допуска формы (δ_f) и расположения (δ_n) [5, с. 138]:

$$Rz \approx (0,2-0,5) \delta_f; \quad Rz \approx (0,2-0,5)\delta_n$$

- высоты шероховатости от допуска формы (δ_f) и суммарного отклонения (δ_Σ) [6, с. 412]:

$$Rz \leq 0,6\delta_f; \quad Rz \leq 0,4\delta_\Sigma$$

Влияние допуска размера на допуск формы и расположения поверхности отражает разделение последних на зависимые и независимые.

Независимый допуск – это допуск, числовое значение которого постоянно для всех деталей, изготавливаемых по данному чертежу, и не зависит от действительного размера рассматриваемого или базового элемента.

Зависимый допуск – это допуск, изменяющийся в определённых границах в зависимости от действительного размера рассматриваемого или (и) базового элемента у конкретной детали.

Применение зависимых допусков предпочтительней, т.к. это удешевляет изготовление и упрощает приёмку продукции.

Зависимый допуск обозначается условным знаком M , который помещают:

а) после числового значения допуска, если зависимый допуск связан с действительными размерами рассматриваемого элемента (рис. 36, а);

б) после буквенного обозначения базы в рамке допуска, если зависимый допуск связан с действительными размерами базового элемента (рис. 36, б);

в) после числового значения допуска и буквенного обозначения базы, если зависимый допуск связан с действительными размерами рассматриваемого и базового элементов (рис. 36, в).

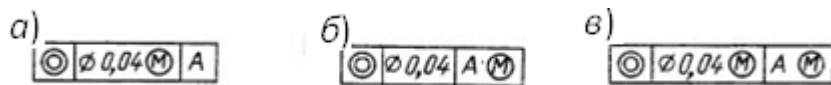


Рис. 2. Примеры обозначений зависимого допуска соосности

Нормирование показателей точности поверхности

Задача обоснованного назначения показателей точности в ходе конструирования прибора относится к числу наиболее ответственных и сложных.

Во-первых, необходимо хорошо представлять себе условия работы каждой детали прибора и её поверхностей.

Во-вторых, – знать зависимости между условиями эксплуатации, свойствами материала детали и значениями показателей точности поверхностей [5, 6, 9].

Решить задачу можно тремя способами:

- 1) на основе прототипа, когда конструкция и условия работы детали – прототипа и проектируемой детали полностью идентичны;
- 2) на основе расчёта по аналитическим или эмпирическим зависимостям;
- 3) на основе экспериментальных исследований.

Первый способ редко осуществим, второй – не точен и не надёжен, третий – наиболее точен и надёжен, но трудоёмок. Перспективен путь создания компьютерных баз данных с проведением автоматизированного назначения параметров точности

Отклонения профиля поверхности характеризуют не только точность поверхности, но и её качество, на которую влияют также физико-механическое состояние и микроструктура поверхностного слоя материала, и остаточные напряжения.

Таким образом:

качество поверхности – это совокупность всех служебных свойств поверхностного слоя материала.

Изготовление любого изделия выполняется в соответствии с заданным чертежом и с учётом требований конкретного производства. Убедиться в том, что такое соответствие установлено, можно только после оценки параметров изделия средствами измерения и контроля. Если изделие соответствует чертежу, то произведено годное изделие. Если имеется хотя бы одно несоответствие, изделие считается бракованным.

Принято считать, что контроль, в отличие от измерения, устанавливает только сам факт соответствия или несоответствия параметра требуемому

значению. Таким образом, контроль предназначен для качественной оценки (например, «годен – не годен»). Измерение, в отличие от контроля, непосредственно устанавливает величину параметра, а также позволяет определить величину соответствия или несоответствия параметра требуемому значению. Таким образом, измерение предназначено для количественной оценки.

В следующих темах рассмотрим основные, наиболее распространённые средства измерения и контроля по каждому из показателей точности изделия (детали).

Шероховатость. Традиционные средства контроля и измерения шероховатости. Отклонения размеров. Традиционные способы измерения и контроля размеров с помощью штангенинструмента. Традиционные контрольно-измерительные средства для оценки годности размеров. Традиционные средства контроля годности размеров.

Тема №7. Шероховатость. Традиционные средства контроля и измерения шероховатости

Шероховатость представляет собой совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, и определяется по её профилю, который образуется в сечении этой поверхности плоскостью, перпендикулярной к номинальной поверхности. При этом **профиль рассматривается на длине базовой линии**(ℓ), используемой для выделения неровностей и количественного определения их параметров (рис. 1).

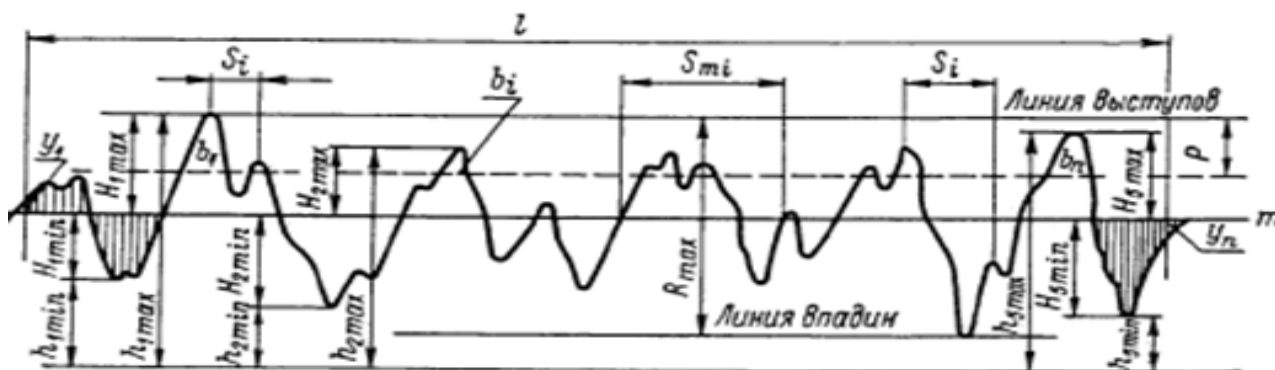


Рис. 1. Схема профиля шероховатости

Напомним ряд основных определений [1].

Средняя линия профиля (m) – это базовая линия, имеющая форму номинального (без отклонений) профиля и проведенная так, что в пределах базовой длины среднее квадратичное отклонение профиля до этой линии наименьшее.

Линия выступов профиля – линия, эквидистантная (т.е. равноудаленная) средней линии, проходящая через высшую точку профиля в пределах базовой длины.

Линия впадин профиля – линия, эквидистантная средней линии, проходящая через низшую точку профиля в пределах базовой длины.

Наибольшая высота неровностей профиля (R_{max}) – наибольшее расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины.

Шаг неровностей профиля – длина отрезка средней линии, пересекающего профиль в трёх соседних точках и ограниченного двумя крайними точками.

Средний шаг неровностей профиля (S_m) – среднее арифметическое значение шага неровностей профиля в пределах базовой длины.

Средний шаг неровностей профиля по вершинам (S) – среднее арифметическое значение шага неровностей профиля по вершинам в пределах базовой длины.

Высота неровностей профиля по десяти точкам (R_z) – сумма средних арифметических абсолютных отклонений точек пяти наибольших максимумов (H_{imax}) и пяти наибольших минимумов профиля (H_{imin}) в пределах базовой длины:

$$R_z = 1/5 (\sum_{i=1,5} |H_{imax}| + \sum_{i=1,5} |H_{imin}|) \quad (1)$$

Среднее арифметическое отклонение профиля (R_a) – среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля (y) в пределах базовой длины (ℓ):

$$R_a = 1/\ell (\int |y(x)| dx),$$

или приближённо:

$$R_a = 1/n (\sum_{i=1,n} |y_i|) \quad (2)$$

Наличие двух шкал для одного параметра шероховатости объясняется технологией измерения и полнотой информации о микрогеометрии. Шкала R_a требует многочисленных и долгих измерений по всем физически доступным точкам поверхности, и потому более объективно отражает микрогеометрию поверхности, чем шкала R_z . В свою очередь шкала R_z ограничивается всего 10-ю замерах, что проще и быстрее. Фактор объективности, как правило, более важен и потому шкала R_a предпочтительнее шкалы R_z , с точки зрения указания высоты шероховатости, особенно для ответственных поверхностей.

Для перехода от одной шкалы шероховатости к другой можно воспользоваться следующими приблизительными соотношениями:

$$R_z = 4R_a \text{ для высоты шероховатости в интервале } R_z 10 (R_a 2,5) \text{ и грубее;} \\ R_z = 5R_a \text{ (для всех остальных случаев).}$$

На многие эксплуатационные свойства поверхности (износостойкость, контактная жёсткость и др.) большое влияние оказывает фактическая поверхность соприкосновения детали с сопряжёнными деталями изделия. Эта величина с известным приближением может быть частично отражена опорной длиной профиля.

Опорная длина профиля (η_p) – сумма длин отрезков в пределах базовой длины, отсекаемых на заданном уровне в материале выступов профиля линией, эквидистантной средней линии:

$$\eta_p = \sum \varepsilon_i, \text{ где } i = 1, n \quad (3)$$

Опорная длина профиля определяется на уровне сечения профиля, т.е. на заданном расстоянии (p) между линией выступов и линией, пересекающей профиль эквидистантно линии выступов. Значение p отсчитывается от линии выступов в процентах от R_{max} .

Для сопоставления размеров опорных поверхностей, обработанных различными методами, удобно пользоваться относительной опорной длиной профиля.

Относительная опорная длина профиля (t_p) – отношение опорной длины профиля (η_p) к базовой длине (ℓ), определяемое в процентах:

$$t_p = 100 (\eta_p / \ell) \quad (4)$$

ГОСТ 2789-73 устанавливает числовые значения всех параметров шероховатости: R_a (мкм), R_z (мкм), R_{max} (мкм), S_m (мм), S (мм), t_p (%), а также уровня сечения профиля p (%) и базовой длины ℓ (мм).

Кроме того, предусмотрены допустимые отклонения средних значений параметров шероховатости в процентах от номинальных значений (10, 20, 40).

ГОСТ 2789-73 предусматривает также возможность назначать направление неровностей поверхности (параллельное, перпендикулярное и т.д.), а также вид или последовательность видов обработки.

ГОСТ 2.309-73, с учётом изменений, внесённых в мае 2002 года, устанавливает правила обозначения шероховатости на чертежах. Новая структура обозначения шероховатости поверхности приведена на рис. 2.

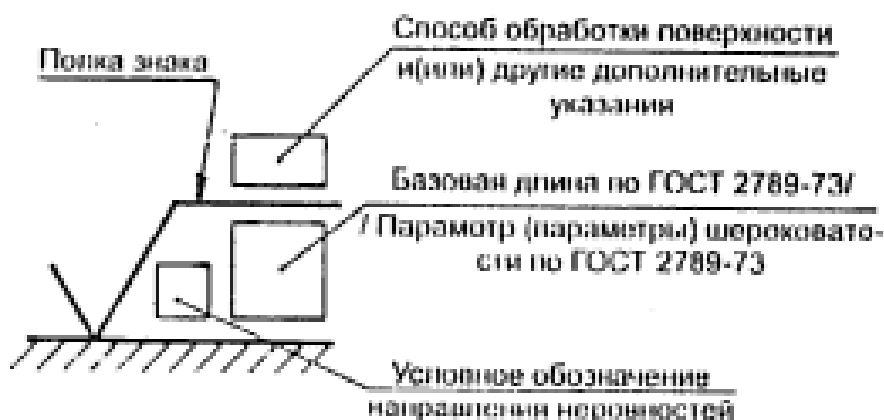


Рис. 2. Общий вид обозначения шероховатости с учётом изменений 2002 года

Знак шероховатости, представленный на рис. 2, может принимать три различных исполнения в зависимости от вида обработки поверхности.

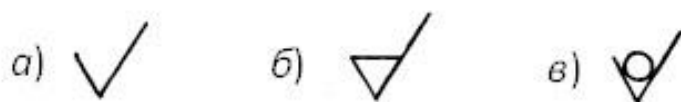


Рис. 3. Варианты исполнения знака шероховатости (полка знака не указана, т.к. отсутствуют параметр шероховатости и способ обработки)

Если вид обработки поверхности не устанавливается, применяют первый знак (рис. 3, а).

Если поверхность должна быть образована удалением слоя материала (точением, сверлением и т.д.), применяют второй знак (рис. 3, б).

Если поверхность должна быть образована без удаления слоя материала (литьём, прокатом и т.д.), применяют третий знак (рис. 3, в).

Значение параметра шероховатости по ГОСТ 2789-73 указывают в обозначении шероховатости после соответствующего символа, например:

$Ra0,4$; $R_{max} 6,3$; $S_m 0,63$; $t_{50} 70$; $S 0,032$; $Rz 50$.

Во многих практических случаях на чертежах указывается только высота шероховатости, числовое значение которой задаётся наибольшей величиной, т.е. шероховатость должна быть не грубее указанной в обозначении.

Обозначения шероховатости поверхностей на изображении изделия располагают на линиях контура, выносных линиях (по возможности ближе к размерной линии) или на полках линий-выносок. Допускается при недостатке места располагать обозначение шероховатости на размерных линиях или на их продолжениях, на рамке допуска формы, а также разрывать выносную линию (рис. 4).

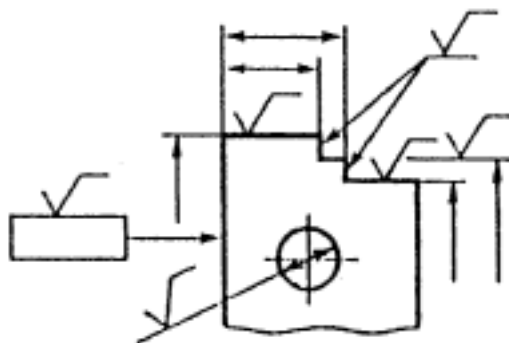


Рис. 4. Примеры расположения знаков шероховатости

Если часть поверхностей детали имеют одинаковую шероховатость (по виду обработки и параметрам), обозначение шероховатости для них помещают в правом верхнем углу чертежа и на изображениях не наносят (рис. 5).

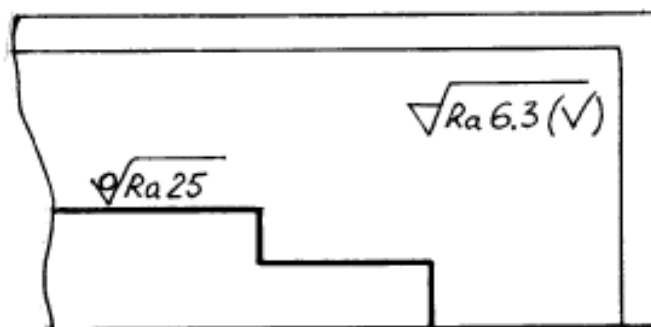


Рис. 5. Пример обозначения шероховатости, одинаковой для части поверхностей*

* — систему знаков в верхнем правом углу чертежа следует читать так: «Шероховатость на всех поверхностях, кроме той, на изображении которой установлен знак шероховатости, достигается путём снятия слоя материала до высоты по шкале Ra не более 6.3 мкм»

При выполнении чертежей деталей необходимо непосредственно обратиться к стандартам [1, 2], где информация о шероховатости представлена более подробно.

Средства оценки шероховатости

Различают качественные и количественные способы. Контроль шероховатости непосредственно в механическом цехе, как правило, осуществляют простыми и мало затратными качественными способами без числовой оценки шероховатости. Однако такие способы, помимо зависимости от субъективных качеств «контролёра», не позволяют дифференцировать шероховатость с той степенью точности, которая необходима при современном состоянии технологии.

Наиболее распространены следующие три качественных способа.

• **Способ визуально-осязательный, без применения образца шероховатости.**

Выполняется «на глаз», или «на ощупь» (осязание ногтём, пальцем). Применим только специалистами высокой квалификации с большим опытом работы. Субъективен и приблизителен.

• **Способ визуально-осязательный, с применением образца (эталоны) шероховатости, который изготавливается по ГОСТ 9378-75*.**

Образцы представляют собой наборы металлических (стальных и чугуновых) брусков небольших размеров с плоской или цилиндрической рабочей поверхностью, обработанной различными способами при определённых режимах, с указанием шкалы и высоты шероховатости (рис. 6).

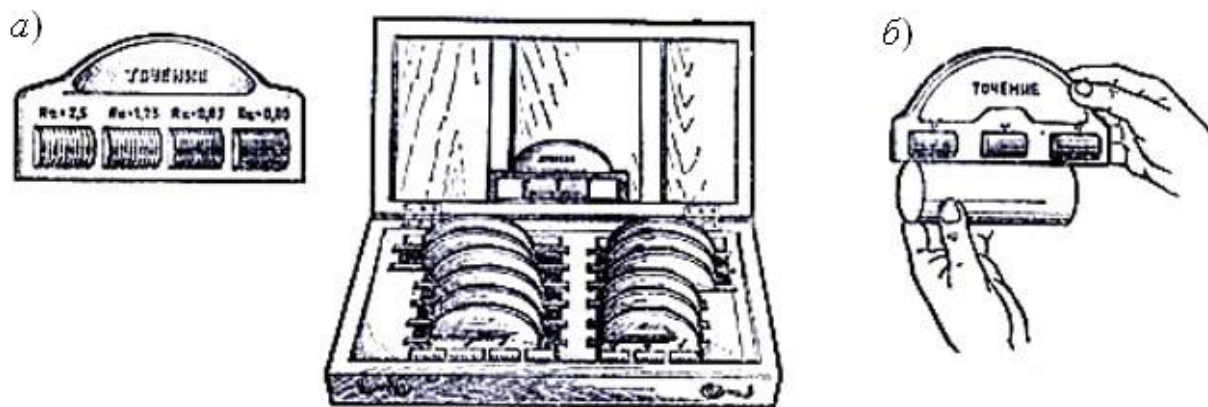


Рис. 6. Общий вид образцов шероховатости поверхности (а) и пример сравнения (б)

Иногда на предприятиях изготавливают специальные внутрицеховые образцы шероховатости, в качестве которых могут служить образцовые детали. Сравнение производится путём осмотра невооружённым взглядом или осязанием ногтём поперёк следов обработки. При сравнении необходимо, чтобы изделие и образец были изготовлены из одинакового материала, их поверхности были обработаны одинаковыми методами (точением, фрезерованием и т.п.), их геометрические формы совпадали (плоская, цилиндрическая).

Сопоставление осязанием на многих предприятиях предпочитается зрительному [16]. Оно исключает погрешности в оценке, связанные с различием в оптических свойствах поверхности из-за несоответствия материалов эталона и изделия, блеска или матовости, различных условий освещения и т.п. Далее уместно привести цитату из производственного издания по вопросам шероховатости за 1948 год [16]. «Сопоставление осязанием лучше всего производить, проводя по поверхности изделия в нужном направлении пальцем, а ещё лучше – ногтём. Данные о возможностях оценки шероховатости ощупыванием краем монеты или ладонью отсутствуют. В тех случаях, когда требуется проверить внутреннюю поверхность отверстий или труднодоступных мест, оценка производится проведением по поверхности концом проволоки, удерживаемой пальцами или зубами. В этом случае необходимо соблюдение большой осторожности во избежание царапанья эталона или изделия. Хорошие результаты даёт при использовании этого способа применение звонкового провода длиной

100 мм, согнутого в виде крючка под прямым углом. Очень тонко обработанные поверхности могут быть сопоставлены с помощью целлулоидного мяча для игры в пинг-понг. Мяч удерживается пальцами (без нажима). Колебания мяча при проведении его вдоль исследуемой поверхности вследствие наличия шероховатости хорошо ощущаются оператором. Слуховой метод, применяемый также для очень тонко обработанных поверхностей, основан на прослушивании через стетоскоп шума, производимого

целлулоидным мячом при соприкосновении с поверхностью в относительном перемещении».

Данный способ даёт удовлетворительные результаты только для относительно грубых поверхностей: от $Ra\ 0,6\text{--}0,8\ \mu\text{м}$ и более [14].

•Способ сравнения искомой и эталонной поверхностей с применением микроскопа сравнения (МС) (рис. 7).

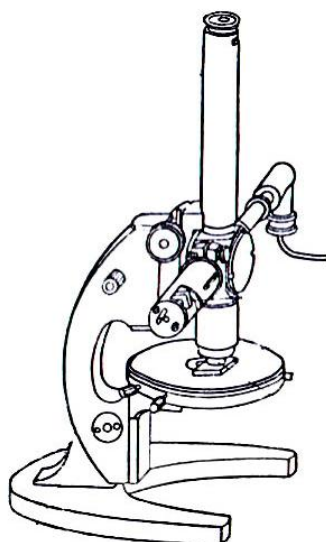


Рис. 7. Общий вид микроскопа сравнения

Согласно оптической схеме МС (рис. 8, а), пучок света от источника 1 проходит через осветительные линзы 2 к двойной склеенной призме 3.

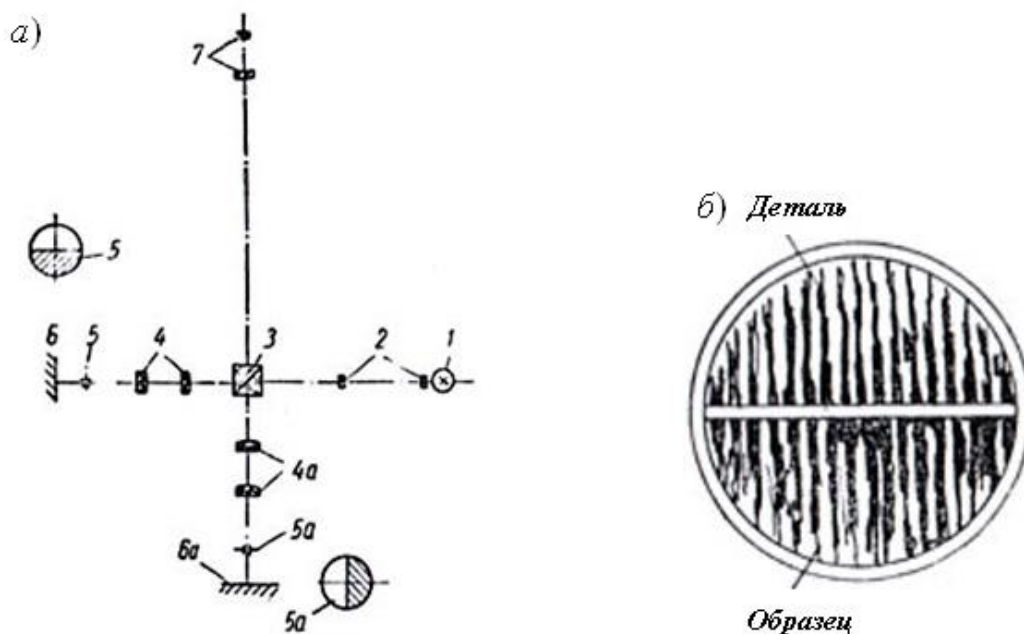


Рис. 8. Оптическая схема (а), вид поля зрения (б)

Так как широкая рабочая плоскость одной из склеенных призм полупосеребрена, то пучок света на этой плоскости разделяется на два. Один пучок проходит, не изменяя своего направления, через объектив 4, диафрагму

5, отражается от поверхности образца 6, снова проходит диафрагму 5 и объектив 4, отражается от разделительной грани призмы 3 и проходит через окуляр 7. Другой пучок, отразившись вниз от разделительной грани призмы 3, проходит через объектив 4а, диафрагму 5а и, отразившись от проверяемой поверхности 6а, снова проходит диафрагму 5а, объектив 4а, призму 3 и окуляр 7. Диафрагмы 5 и 5а установлены так, что дают возможность одновременно наблюдать в поле зрения окуляра образец и контролируемое изделие (рис. 8, б).

Микроскоп обеспечивает надёжную оценку поверхностей до 0,2 мкм и может быть успешно применён для цехового контроля. Это наиболее надёжный и точный способ среди качественных.

Количественные способы выполняются с помощью контактных (щуповых) и бесконтактных (оптических) приборов. Контактные и бесконтактные приборы используют для измерения параметров шероховатости небольших изделий.

Если необходимо измерить шероховатость поверхности крупногабаритных изделий или в труднодоступном месте, то применяют метод слепков[18], предложенный М.Г. Голубовским. Он заключается в том, что на соответствующем материале фиксируется отпечаток (слепок) исследуемой поверхности, а затем бесконтактным способом измеряется шероховатость этого рельефного отпечатка. Материал, применяемый для слепков, не должен обладать упругостью и текучестью. Таким материалом являются целлулоид, воск, парафин, сера, гуттаперчевая масса и т.п. Наибольшее распространение получила гуттаперчевая масса, позволяющая получать поверхность отпечатка с шероховатостью до $Ra\ 0,1$ (мкм). Для получения слепка масса нарезается кусочками по 10–15 г и подогревается до 80–90°C в сосуде с водой. Разогретый кусочек массы вынимают сосуда и «выворачивают» его так, чтобы на поверхности не было водяной плёнки. Затем эту массу прижимают руками к исследуемой поверхности, смачивая предварительно руки холодной водой. При этом исследуемая поверхность заранее очищается бензином. Толщина слоя массы после прижатия не должна быть менее 4 мм. Остывание слепков длится 15–25 мин. Слепок из гуттаперчи длительное время сохраняет микрогеометрию поверхности. В связи с развитием химии полимеров, для слепков всё чаще применяют эпоксидные смолы и силиконовые пасты. После затвердевания они обладают высокой прочностью, незначительной усадкой и легко отделяются от исследуемой поверхности.

Оценка неровностей на слепке, как правило, даёт уменьшенное значение по сравнению с оценкой непосредственно поверхности изделия. Относительная ошибка измерения в зависимости от материала слепка лежит в пределах 2–8 % [11]. Для получения истинного значения шероховатости следует полученный результат умножить на поправочный коэффициент, который, например, для слепка из гуттаперчевой массы равен 1,05. В связи с тем, что слепок имеет неодинаковую толщину, обычно затрачивается много времени на установку его на столике двойного микроскопа (о нём речь пойдёт ниже). Рекомендуется при определении шероховатости слепка помещать последний на подставку со сферической поверхностью. Перемещая слепок с подставкой по вогнутой

сферической поверхности, можно быстро установить исследуемую поверхность слепка параллельно плоскости столика микроскопа [11].

Контактные приборы основаны на ощупывании поверхности алмазной иглой. Они универсальны, имеют широкий диапазон измерения шероховатости, позволяют измерять шероховатость малых отверстий, обладают высокой производительностью, надёжны в эксплуатации, применяются как в лабораторных, так и в цеховых условиях.

Рассмотрим основные разновидности контактных приборов.

Профилограф – прибор для увеличенного воспроизведения микропрофиля поверхности в виде профилограммы, по которой затем определяются все параметры шероховатости.

Предел измерений: $Rz0,025-80$ (мкм). Как правило, представляет собой сложное, громоздкое и дорогое устройство (например, профилограф японской фирмы «Мицутойо» стоит от 36 000 евро и выше [21]). Применяется, в основном, в лабораторных условиях. Существуют малогабаритные конструкции профилографа, приспособленные к работе в производственных условиях (например, оптико-механический профилограф Б.М. Левина модели ИЗП-17 с построением фотопрофилограммы).

Разновидностью профилографа является профилограф-профилометр (рис. 9), который позволяет быстро, точно и полно вычислить все параметры шероховатости, с индикацией результатов на табло.

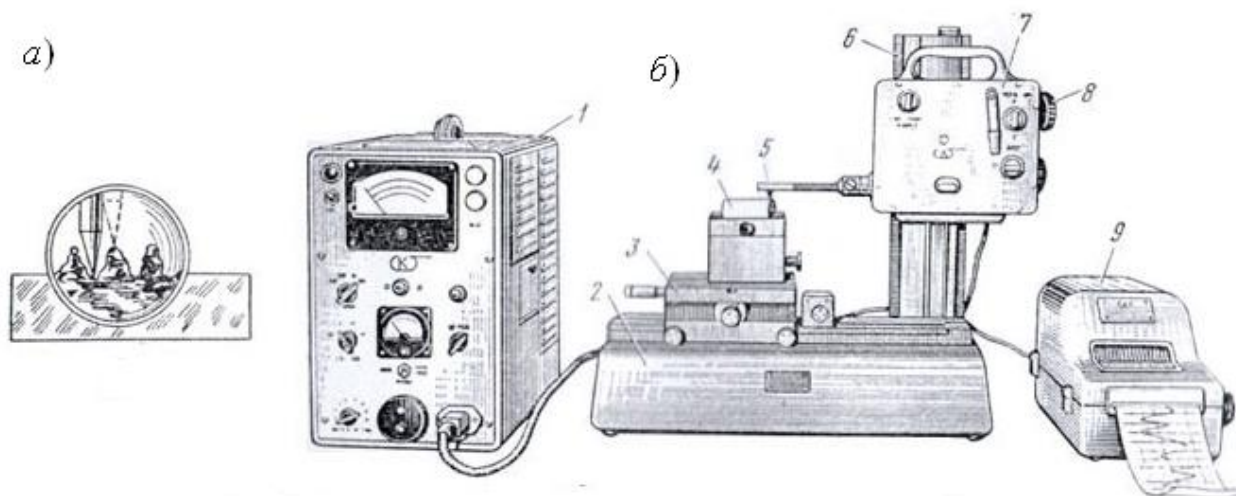


Рис. 9. Пример контакта алмазной иглы с поверхностью (а) и общий вид профилографа-профилометра модели 201 завода «Калибр» (б):

1 – электрический блок; 2 – основание; 3 – универсальный стол; 4 – проверяемая деталь; 5 – датчик; 6 – стойка; 7 – каретка; 8 – маховик; 9 – самозаписывающий прибор

Предел измерений: $Rz 0,02-250$ (мкм). Применяется в лабораторных условиях. Прибор состоит из трёх самостоятельных частей: электронного блока 1, непосредственно измерительного блока и самозаписывающего блока 9. Измерительный блок имеет основание 2, на котором установлен универсальный стол 3, позволяющий перемещать проверяемую деталь 4 в двух взаимно

перпендикулярных направлениях и выполнять поворот. На стойке 6 перемещается при помощи рейки и зубчатого колеса каретка 7 с жёстко закреплённым в ней датчиком 5. Перемещение датчика в продольном направлении выполняется при помощи электродвигателя и коробки скоростей, расположенных в каретке 7. В поперечном направлении перемещение осуществляется маховиком 8. Самозаписывающий блок 9 представляет собой самопишущий магнитоэлектрический миллиамперметр постоянного тока.

Профилометр – прибор для непосредственного вычисления и указания на циферблате прибора высоты шероховатости по шкале Ra . Обладает высокой производительностью, надёжностью и простотой измерений. Предел измерений: Ra 0,02–10 (мкм).

Применяется в производственных условиях. За рубежом разработаны и применяются малогабаритные переносные профилометры с компьютерной обработкой данных по всем параметрам шероховатости. В частности, к таким профилометрам относится прибор «SurftestSJ-201P» фирмы «Мицубиси» (Япония). Для выполнения разнообразных измерений, в том числе и в труднодоступных местах, предусмотрено множество датчиков и насадок. Стоимость прибора в стандартной комплектации составляет 83 385 руб. [21].

Бесконтактные приборы основаны на оптических явлениях и применяются в лабораторных условиях. Рассмотрим основные бесконтактные приборы.

Двойной микроскоп Линника (МИС-11) основан на принципе светового сечения (рис. 10, а), предложенного академиком В.П. Линником в 1929 году.

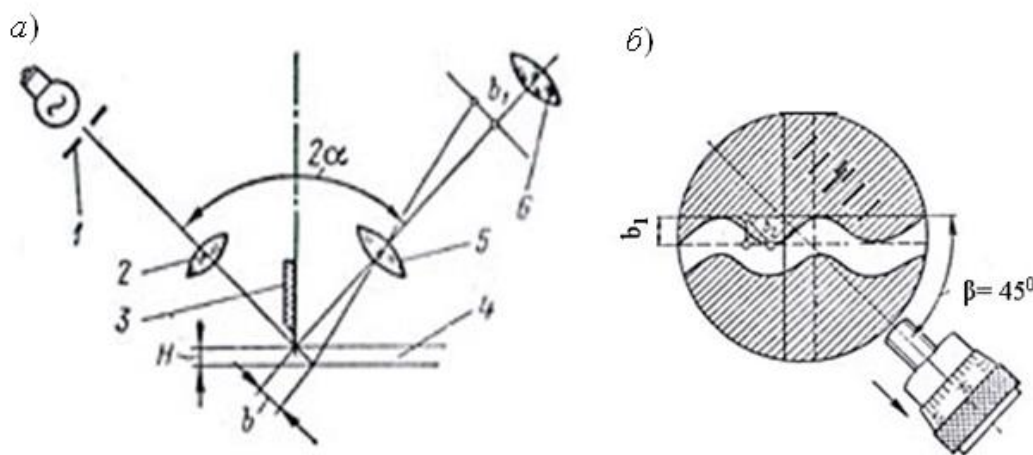


Рис. 10. Принцип светового и теневого сечений:

1 – щель; 2,5 – объективы; 3 – линейка; 4 – измеряемая поверхность; 6 – окуляр

Суть принципа состоит в том, что пучок света, направленный через узкую щель 1 под некоторым углом α на измеряемую поверхность 4, проецируется объективом 2 на эту поверхность в виде светящейся линии. Так как проверяемая поверхность имеет шероховатость, то линия получается искривлённой. Объектив 5 переносит изображение щели в фокальную плоскость окуляра 6. Измеряя искривление линии, определяют высоту

шероховатости. Допустим, что на контролируемой поверхности имеется канавка высотой H . Световое сечение этой канавки:

$$b = H / \sin \alpha$$

Объективом 5 величина b проецируется в:

$$b_1 = HN / \sin \alpha,$$

где N – увеличение объектива микроскопа.

Измерение размера b_1 производится окулярным микроскопом (рис. 10, б), перекрестье которого перемещается под углом $\beta = 45^\circ$, а так как $\alpha = \beta = 45^\circ$, то:

$$b_2 = b_1 / \sin \beta = HN / (\sin \alpha \sin \beta).$$

Отсюда:

$$H = b_2 / 2N.$$

Так как поле зрения микроскопа составляет всего 1–2 мм, то измерением охватывается незначительный участок поверхности. Для получения надёжных результатов необходимо произвести 3–5 измерений в различных точках и определить среднее арифметическое. Пределы измерений микроскопа: Rz 0,8–80 (мкм).

Относительная погрешность измерения лежит в пределах от 5 до 15 % наибольшей высоты шероховатости [3]. Стоимость МИС-11 составляет 37612 руб. [21].

К данной группе приборов относят также накладной ПСС-1 (пределы измерений: Rz 80–320 (мкм)), ПСС-2 (пределы измерений: Rz 1,6–40 (мкм)) и др.

Прибор теневого сечения (ПТС-1). Принцип теневого сечения (рис. 10, а) основан на том, что пучок света направляется на скошенное ребро линейки, введённой в соприкосновение с исследуемой поверхностью. Ребро линейки срезаёт часть пучка света и на контролируемой поверхности будет видна тень, отбрасываемая ребром линейки. Верхний край тени изображает лезвие ножа, нижний – соответствует кривой микропрофиля поверхности. Предел измерений: Rz 40–320 (мкм).

Микроинтерферометр Линника (типа МИИ), принцип действия которого предложен В.П. Линником в 1937 году, основан на интерференции двух пучков лучей света: один отражается от проверяемой поверхности, другой – от плоского металлического зеркала (рис. 11, а). Интерференционные полосы (рис. 11, б), наблюдаемые в окуляре прибора, будут искривлены соответственно микронеровностям контролируемой поверхности.

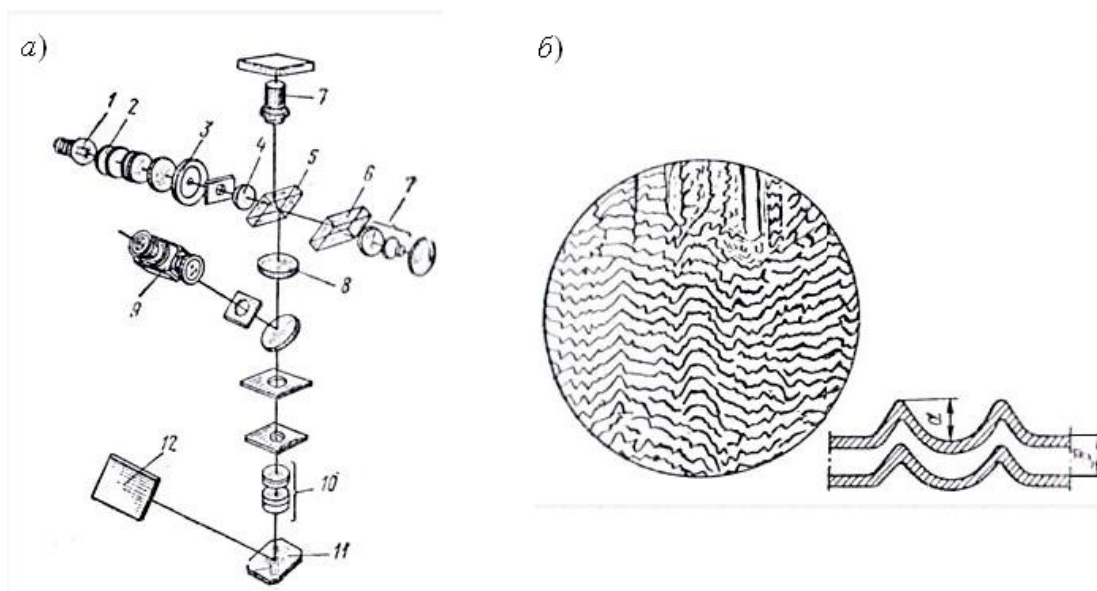


Рис. 11. Оптическая схема (а) и пример интерферограммы поверхности, наблюдаемой в окуляре интерферометра (б): 1 – лампа накаливания; 2 – конденсор; 3 – ирисовая диафрагма; 4 – проекционный объектив; 5 – разделительная пластинка; 6 – пластинка; 7 – объектив; 8 – фокальная плоскость объектива; 9 – окулярный микрометр; 10 – специальный фотоокуляр; 11 – зеркало; 12 – матовое стекло или фотоплёнка

Измеряя с помощью окулярного микрометра величину искривления интерференционной полосы, определяют шероховатость поверхности по параметру R_z как отношение величины искривления интерференционной полосы α , наблюдаемой в окуляре прибора, к интервалу полос β (β соответствует половине длины волны), т.е. $R_z = \alpha\lambda/2\beta$ (мкм).

Пределы измерений микроинтерферометров МИИ-4, МИИ-5, МИИ-9 составляют R_z 0,05–0,80 (мкм). Иммерсионно-репликовый интерферометр МИИ-10, с пределами измерения R_z 0,05–20 (мкм), применяется для измерения шероховатости отпечатка (реплики) поверхности.

Контрольные вопросы и задания для самостоятельной работы

1. Посмотрите на рис. 6, б. Можно ли использовать данный образец для определения шероховатости торца валика? Почему?
2. Посмотрите на рис. 9, б. Прибор показан во время измерения шероховатости или он не включен? Ответ пояснить.
3. Посмотрите на рис. 10, б. Рассчитайте с помощью линейки величину шероховатости по шкале R_z для длины волны белого света равной 0,6 мкм.

Библиографический список

1. Берков, В.И. Технические измерения (альбом)/ В.И. Берков. – М.: «Высшая школа», 1977.
2. Белкин, И.М. Средства линейно-угловых измерений: справочник/ И.М. Белкин. – М.: Машиностроение, 1987.

3. Городецкий, Ю.Г. Конструкции и эксплуатация средств измерения размеров в машиностроении/ Ю.Г. Городецкий. – М.: Машгиз, 1951.
4. Дунин-Барковский, И.В., Измерения и анализ шероховатости, волнистости и некруглости поверхности/ И.В. Дунин-Барковский, А.Н. Карташова.– М.: Машиностроение, 1978.
5. Журавлёв, А.Н. Допуски и технические измерения/А.Н. Журавлёв. – М.: «Высшая школа», 1976.
6. Лесохин, А.Ф. Допуски и технические измерения/ А.Ф. Лесохин. – М.: Машгиз, 1951.
7. Малов, А.Н., Обработка деталей оптических приборов/ А.Н. Малов, В.П. Законников. – М.: «Машиностроение», 1976.
8. Марков, А.Л. Краткий справочник контрольного мастера машиностроительного завода/ А.Л. Марков,Ф.П. Волосевич. – Л.: «Машиностроение», 1973.
9. Ознобишин, Н.С. Технический контроль в механических цехах/ Н.С. Ознобишин. – М.: «Высшая школа», 1974.
10. Палей, М.А. Отклонения формы и расположения поверхностей/ М.А. Палей. – М.: Изд. стандартов, 1965.
11. Справочник по производственному контролю в машиностроении/ Под общ.ред. А.К. Кутая. – М.-Л.: Машгиз, 1964.
12. Шеметов, М.Г. Метрологическое обеспечение токарных работ: справочник/ М.Г. Шеметов, В.Г. Моисеев. – М.: Машиностроение, 1989.
13. Медянцева,Л.Л. Контроль прямолинейности и плоскостности поверхностей/ Л.Л. Медянцева, В.В. Горбачёва, Е.Е. Шарова– М.: Изд. стандартов, 1972.
14. Точность и производственный контроль в машиностроении: справочник/ Под общ.ред. А.К. Кутая, Б.М. Сорочкина. – Л.: Машиностроение, 1983.
15. Тяжелов, С.С. Оптические измерения. Определение конструктивных элементов оптических систем/ С.С. Тяжелов. – Л.-М.: Гос. изд. оборонпром, 1939.
16. Барун, В.А. Микрогеометрия обработанной металлической поверхности и её измерения/ В.А. Барун. – М.-Л.: Машгиз, 1948.
17. Минчин, С.Н. Измерительный инструмент и техника измерений/ С.Н. Минчин, А.Е. Шац. – М.: Оборонгиз, 1957.
18. Голубовский, М.Г. Метод слепков для контроля чистоты поверхностей/ М.Г. Голубовский. – Л.: ЛДНТП, №46, 1952.
19. Валетов, В.А. Оптимизация микрогеометрии поверхностей деталей в приборостроении: учебное пособие/ В.А. Валетов. – Л.: ЛИТМО, 1989.
20. Каталог средств контроля, применяемых для измерения линейных и угловых размеров на приборостроительном заводе им. Ленина. – ОГТ НПЗ, 1975.
21. Проспекты научно-производственной фирмы «Уран». Высокоточные приборы и оборудование. Разработка, производство, сервис. 2004-2005.

Тема №8. Отклонения размеров. Традиционные способы измерения и контроля размеров с помощью штангенинструмента

Любая поверхность детали ограничивается одним или несколькими размерами с определёнными отклонениями.

Напомним ряд основных определений [4].

Размер – числовое значение определённой величины в заданных единицах измерения.

Линейный размер – размер в линейных единицах для определения длины, диаметра, высоты, ширины и т.д.

Угловой размер – размер в угловых единицах.

Действительный размер – размер, установленный измерением с допустимой погрешностью (т.е. с определённым отклонением от истинного значения).

Предельные размеры – два допустимых размера, между которыми должен находиться, или быть равен, действительный размер. Наибольший предельный размер – больший из двух предельных размеров. Наименьший предельный размер – меньший из двух.

Номинальный размер – размер, относительно которого определяются предельные размеры и который служит также началом отсчёта отклонений.

Отклонение – алгебраическая разность между размером (действительным, предельным и т.д.) и соответствующим номинальным размером.

Действительное отклонение – алгебраическая разность между действительным и номинальным размерами.

Предельное отклонение – алгебраическая разность между предельным и номинальным размерами. Различают верхнее и нижнее отклонения.

Верхнее отклонение – алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами.

Нижнее отклонение – алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами.

Допуск – разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами, или абсолютная величина алгебраической разности между верхним и нижним отклонениями.

Поле допуска – поле, ограниченное верхним и нижним отклонениями. Поле допуска определяется числовым значением допуска и его расположением относительно номинального размера.

Квалитет (степень точности, по аналогии с французским «*qualite*» и немецким «*Qualitat*», т.е. «качество») – ступень градации значений допусков системы. При данном квалитете и интервале номинальных размеров значение допуска постоянно, т.е. точность приблизительно одинакова. Сокращённо допуск по одному из квалитетов обозначается латинскими буквами IT и номером квалитета, например IT7 означает допуск по 7-му квалитету (IT – сокращение английского ISO Tolerance – «допуск ИСО»).

Вал – термин, применяемый для обозначения наружных (охватываемых) элементов деталей.

Основной вал – вал, верхнее отклонение которого равно нулю.

Отверстие – термин, применяемый для обозначения внутренних (охватывающих) элементов деталей.

Основное отверстие – отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю.

Обозначение размеров и их отклонений на чертежах выполняется с применением специальных символов. Перед номинальным размером диаметра гладкой поверхности ставят знак « $\varnothing$ ». Перед номинальным размером диаметра метрической резьбы ставят знак « M », трапецеидальной – « Tr ». Перед номинальным размером скругления – знак « R ». Номинальные линейные размеры указываются без специальных символов.

Любые линейные размеры гладких поверхностей указываются на чертежах без единиц измерения, и по умолчанию исчисляются в миллиметрах.

Например, $\varnothing 50$; 120; $R5$).

Отклонения таких размеров указываются с применением двух основных систем обозначений: абсолютной и (или) относительной. Первая система указывает численные отклонения конкретного размера, а вторая – устанавливает точность интервала размеров по отношению к их номинальным значениям.

Первая система, для обозначения расположения полей допусков использует знаки « $+$ » и « $-$ », в разных сочетаниях, а величины отклонений указываются в абсолютном выражении, в миллиметрах, но без указания единиц измерения.

Примеры обозначений: 45 ± 0.1 ; $\varnothing 50_{-0.5}$; $100^{+0.2}$.

Вторая система задаёт отклонения с помощью полей допусков и квалитетов, которые совместно указываются непосредственно после номинального размера. Поля допусков обозначаются латинскими буквами: заглавными для отверстий (H , G , ...) и прописными для валов (h , g , ...). Квалитеты обозначаются арабскими числами (01, 0, 1, ... 17). Чем меньше квалитет, тем размер точнее.

Примеры обозначений: $15 h14$; $\varnothing 100 H9$.

Иногда отклонения указываются комбинированным образом.

Пример обозначения: $2 j_7(\pm 0.005)$.

В таблице 1 приведены шесть размеров, отклонения которых заданы в сопоставлении, в двух разных системах.

Таблица 1

Примеры размеров с различными системами задания отклонений

Абсолютное отклонение	2 ± 0.005	2 ± 0.012	$10_{-0.06}$	$10_{-0.09}$	$10^{+0.09}$	$10^{+0.24}$
Относительное отклонение	$2j_s7$	$2J_s9$	$2h11$	$10 h11$	$10 H11$	$10 B11$

Из таблицы видно, что:

- предельные отклонения, равные нулю, не указываются (у размеров $2_{-0.06}$ и $10_{-0.09}$ не указываются верхние отклонения, у размера $10^{+0.09}$ – нижнее);
- с увеличением качества (7, 9, 11) для одного и того же размера (2 мм) допуск увеличивается (0,01 мм, 0,024 мм, 0,06 мм);
- в пределах одного качества (11) с увеличением размера (с 2 до 10 мм) допуск растёт (с 0,06 до 0,09 мм);
- в пределах одного качества (11) для одного и того же размера (10 мм) расположение поля допуска будет разным («–», «+», « »), при одинаковом значении (0,09 мм) в зависимости от буквенного обозначения поля допуска (h , H , B).

Размеры диаметров резьбовых поверхностей часто указываются вместе с шагом резьбы (через знак « $\times$ »), также без единиц измерения, и по умолчанию исчисляются в миллиметрах (например, М64 $\times$ 3). Если шаг резьбы крупный, его величина не указывается (например, М24).

Отклонения диаметральных размеров задаются с помощью степеней точности и полей допусков. Степень точности обозначается арабской цифрой (4, 10). Чем меньше цифра, тем точнее диаметр резьбы. Поле допуска указывается сразу после степени точности латинской буквой: заглавной для отверстия и прописной для вала.

Примеры обозначений: М12 $\times$ 1-6Н; М24 $\times$ 2-8g.

Угловые размеры указываются на чертежах с единицами измерения: градусами, а при необходимости – минутами и секундами (например, 45°30').

Отклонения угловых размеров указываются только числовыми значениями. Для обозначения расположения полей допусков используются знаки «+» и «–», в разных сочетаниях, а величины отклонений указываются, в общем случае, в градусах, минутах, секундах.

Примеры обозначений: 45° $\pm$ 5'.

Нанесение на чертежах предельных отклонений линейных и угловых размеров выполняется по ГОСТ 2.307-68 [7].

Для размеров с относительно низкой точностью (от 12-го качества и грубее) многократно повторяющиеся на чертеже предельные отклонения

допускается не указывать непосредственно у номинальных размеров, а оговаривать общей записью в технических требованиях.

Например: «H14, h14, $\pm t_2/2$ ».

Такая запись распространяется на все размеры, включая угловые, и читается следующим образом:

«Размеры внутренних элементов задаются с точностью по H14, размеры наружных элементов задаются с точностью по h14, размеры остальных элементов (например, размеры между отверстиями, размеры фасок, скруглений и т.п.) – по симметричному классу точности «средний»».

Традиционные способы измерения и контроля размеров с помощью штангенинструмента и угломерных устройств

Штангенинструменты (штангенприборы) – универсальные контрольно-измерительные инструменты для линейных измерений невысокой точности (0,1–0,05 мм), обладающие простотой конструкции и относительно малой стоимостью. Могут применяться как регулируемые калибры для контроля линейных размеров. Распространены в цеховых условиях единичного, мелко- и среднесерийного производств.

Основой штангенинструмента является линейка-штанга с нанесёнными на ней делениями в 1 мм – основная шкала. По штанге движется рамка с нониусной (вспомогательной) шкалой, которая позволяет отсчитывать доли деления основной шкалы. Применяются нониусы с величиной отсчёта 0,1; 0,05 и в редких случаях 0,02 мм. Эти величины получают путём деления 1 мм основной шкалы соответственно на 10, 20 или 50 делений-штрихов нониуса. Инструмент с ценой деления 0,02 мм, в своё время был снят с производства из-за погрешности отсчёта, превышающей цену деления в 50-ти случаях из 100.

К основным штангенинструментам относятся штангенциркуль, штангенрейсмас и штангенглубиномер, которые отличаются друг от друга только расположением измерительных поверхностей и назначением.

Самым распространённым и универсальным штангенинструментом является штангенциркуль (ГОСТ 166-80*), промышленное производство которого было освоено в 1850 году [3]. Несмотря на давно устоявшееся название инструмента, существует мнение о некорректности термина [15], поскольку «циркуль» непременно должен включать стойки с остриями на концах. Губки же инструмента под названием «штангенциркуль» изготавливаются без острых ножек и выглядят, как у калибра (о калибрах речь пойдёт ниже) с рёбрами и гранями.

Отечественная промышленность выпускает, в основном, штангенциркули трёх традиционных конструкций (рис. 1): ШЦ-I – двусторонние с глубиномером, ШЦ-II – двусторонние без глубиномера, ШЦ-III (в) – односторонние.

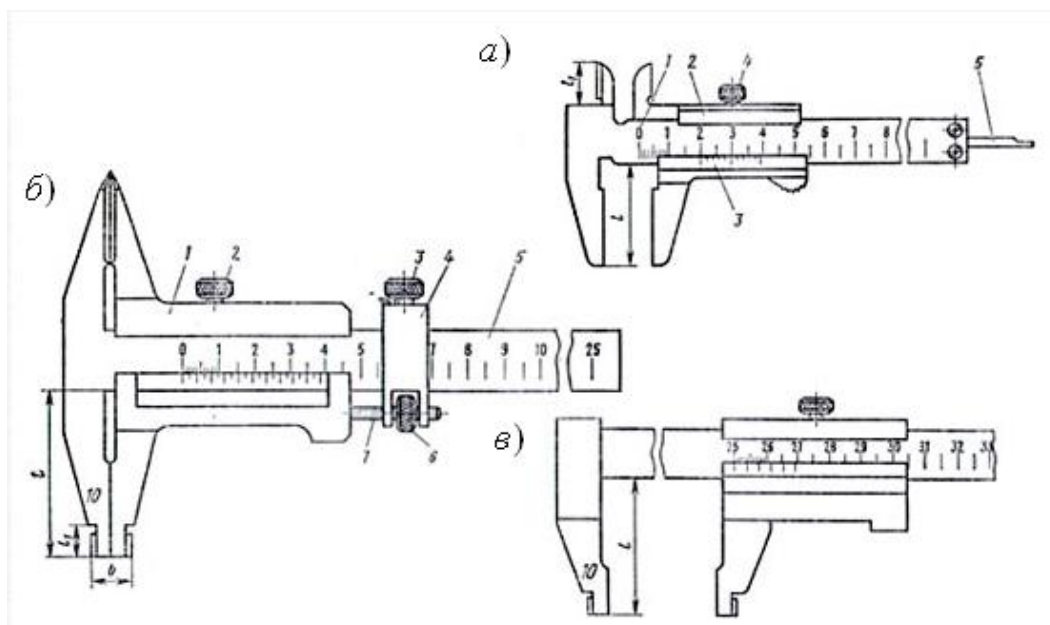


Рис. 1. Общий вид и конструкции традиционных нониусных штангенциркулей:

- а) ШЦ-I – двусторонние с глубиномером (1 – штанга, 2 – рамка, 3 – нониусная шкала, 4 – фиксирующий винт, 5 – линейка глубиномера);
- б) ШЦ-II – двусторонние без глубиномера (1 – рамка, 2, 3, 7 – винты, 5 – штанга, 6 – гайка микрометрической подачи 4);
- в) ШЦ-III – односторонние

В 80-х годах в СССР стали выпускаться штангенциркули мод. 124 (рис. 2, а) со стрелочным отсчётом и ценой деления 0,1 мм (ТУ2-034-3011-83).

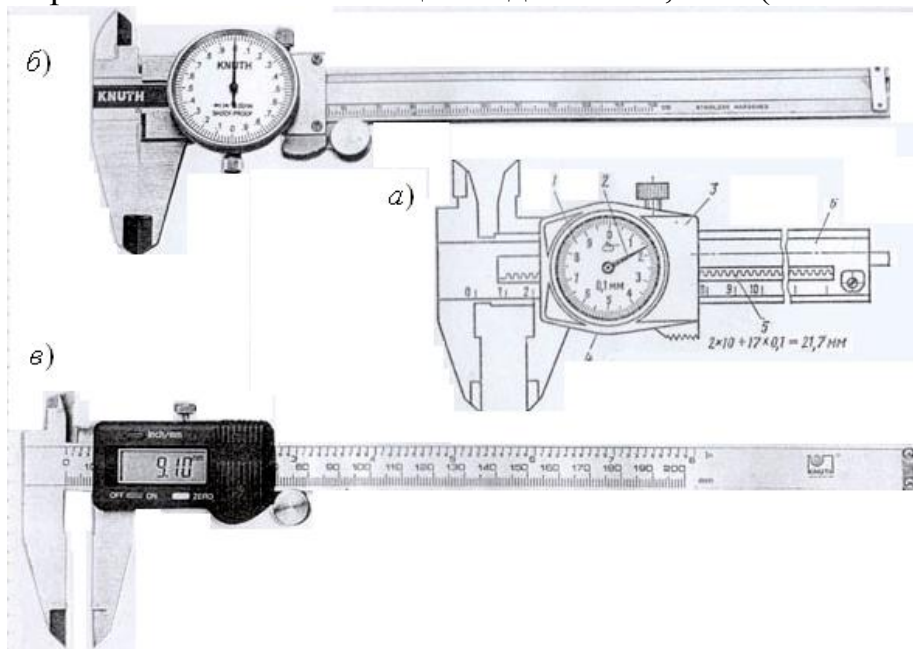


Рис. 2. Примеры штангенциркулей со стрелочным и электронным отсчётом:

- а) ШЦ мод. 124 (Россия) с ценой деления 0,1 мм (1 – шкала, 2 – стрелка, 3 – рамка, 5 – зубчатая рейка, 6 – штанга);

- б) ШЦ фирмы «Knuth» (Германия) с индикатором часового типа и ценой деления 0,02 мм;
- в) ШЦ фирмы «Knuth» (Германия) с электронным устройством и ценой деления 0,01 мм

Некоторые зарубежные фирмы («Теза» (Швейцария), «Маузер» (Германия), «Мицутойо» (Япония) и др.) выпускают штангенциркули с индикатором часового типа с ценой деления 0,01 мм и 0,02 мм (рис. 2, б). Фирмами «Теза», «Мицутойо» и рядом других фирм выпускаются штангенциркули с цифровым (электронным) отсчётным устройством (рис. 2, в) с ценой деления 0,01 мм [12].

Стоимость штангенциркулей различных конструкций лежит в широких пределах. Так нониусный штангенциркуль фирм «LTF» и «Борлетти» (Италия) стоит от 10 до 40 евро, а фирмы «Knuth» (Германия) – от 44 до 280 евро; штангенциркуль с индикатором часового типа – от 28 евро у фирмы «Knuth» (Германия) до 300 евро у фирмы «Мицутойо» (Япония), электронный штангенциркуль – от 33-168 евро у фирмы «Knuth» (Германия) до 1800 евро у фирмы «Мицутойо» (Япония)[21]. Столь существенные различия в стоимости связаны с особенностями исполнения той или иной конструкции штангенциркулей с учётом их габаритных размеров.

Поскольку штангенциркули являются универсальными инструментами, то их применение весьма обширно. Они применяются для измерения и контроля внутренних и наружных размеров (длин, диаметров, глубин, высот и т.п.), а также межцентровых расстояний и разметки линий (рис. 3).

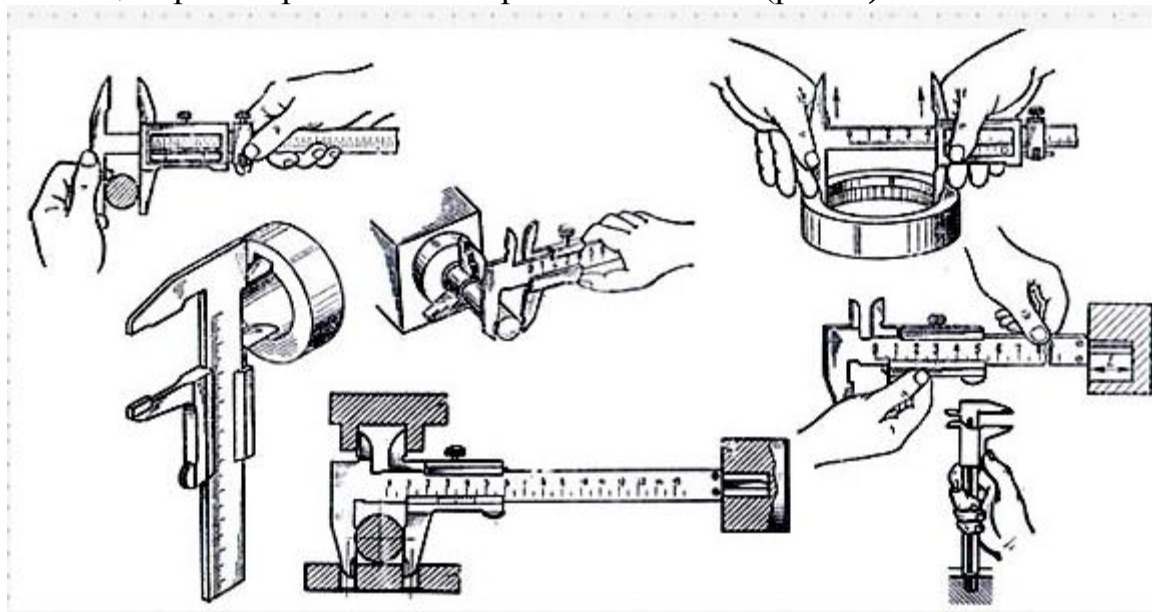


Рис. 3. Примеры применения штангенциркулей

Иногда разрабатываются специальные конструкции штангенциркулей. Например, на Новосибирском приборостроительном заводе применяется штангенциркуль со специальными губками для измерения межцентрового расстояния [20] (рис. 4).

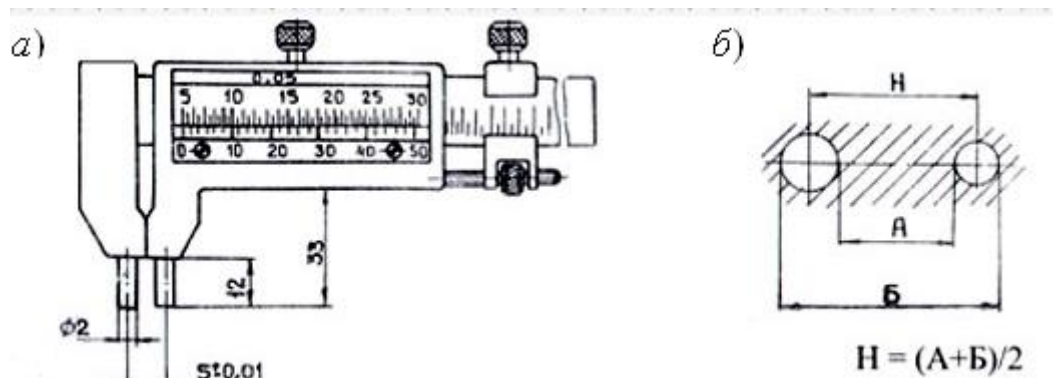


Рис. 4. Общий вид штангенциркуля со специальными губками (а) и схема измерения им межцентрового расстояния (б)

Штангенрейсмасы (ГОСТ164-80*), или штангенвысотомеры, предназначены для измерения высот и разметочных работ (рис. 5, а).

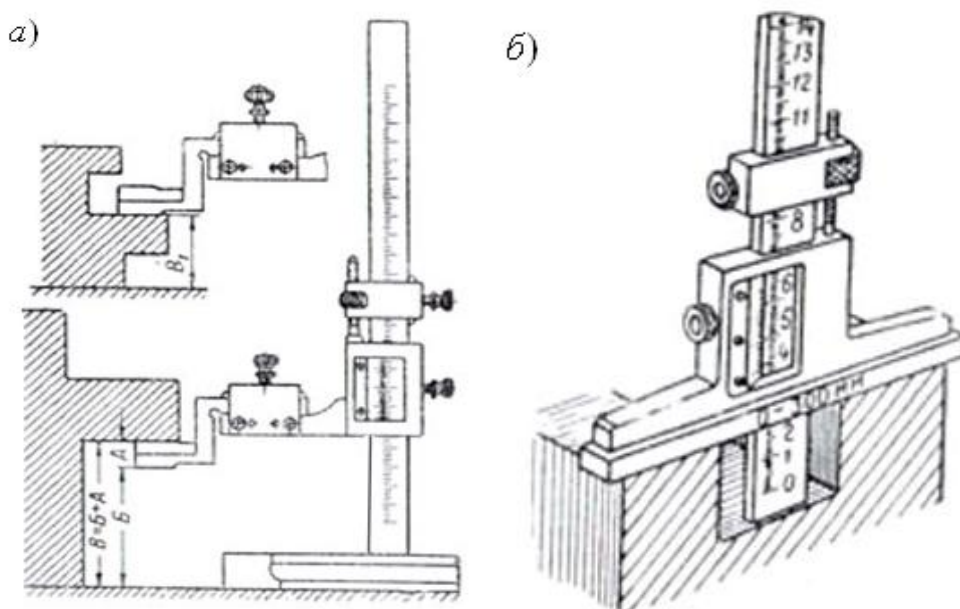


Рис. 5. Общий вид и примеры измерений штангенрейсмасом (а) и штангенглубиномером (б)

В 80-х годах стали выпускаться отечественные штангенрейсмасы мод. БВ-6226 стрелочные (ТУ2-034-616-83) с ценой деления 0,05 мм. Разработаны конструкции электронных штангенрейсмасов с ценой деления 0,01 мм. (например, фирмой «Knuth» (Германия), стоимостью 290 евро при диапазоне измерений до 300 мм). К штангенрейсмасу прилагаются сменные ножки, одна из которых (острозаточенная) применяется для разметки. При движении штангенрейсмаса по контрольной плите острое ножки, установленной на необходимую высоту, прочерчивает на обрабатываемом изделии линию.

Штангенглубиномеры (ГОСТ 162-80) служат для измерения глубин и выступов (рис. 1.23.10, б). В 80-х годах стали выпускаться отечественные штангенглубиномеры мод. БВ-6232 стрелочные (ТУ2-034-620-84) с ценой

деления 0,05 мм. Правильность положения штангенглубиномера при измерении определяется методом световой щели, т.е. в местах касания измерительных плоскостей с поверхностями детали не должно быть видимого на просвет зазора.

Иногда разрабатываются специальные конструкции штангенглубиномеров. Например, на Новосибирском приборостроительном заводе применяется штангенглубиномер со специальной планкой для измерения расстояний до торцов широких канавок [20] (рис. 6).

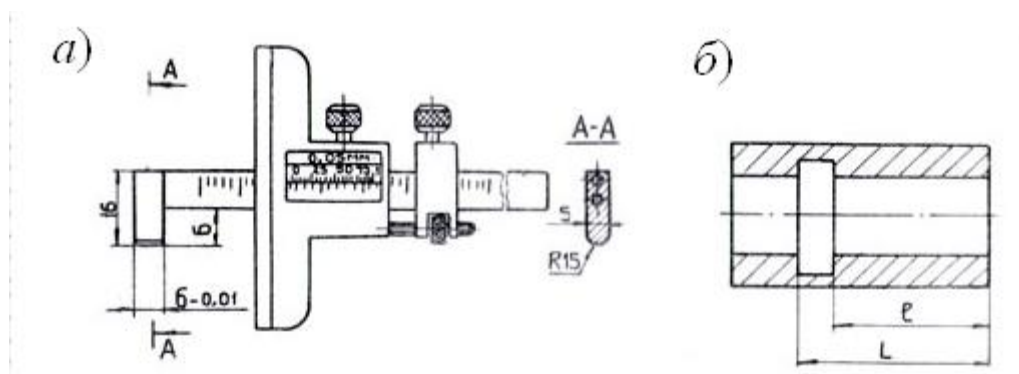


Рис. 6. Общий вид штангенглубиномера со специальной планкой 1 (а) и эскиз канавки с измеряемыми размерами (б)

Механические угломерные устройства – универсальные контрольно-измерительные угломеры с нониусом (ГОСТ 5378-66*) для измерения и контроля наружных и внутренних углов между двумя плоскостями (рис. 1.23.13). Точность отсчёта по нониусу, в зависимости от типа угломера, составляет 2' или 5'. Широко применяются в цеховых условиях единичного, мелко- и среднесерийного производств.

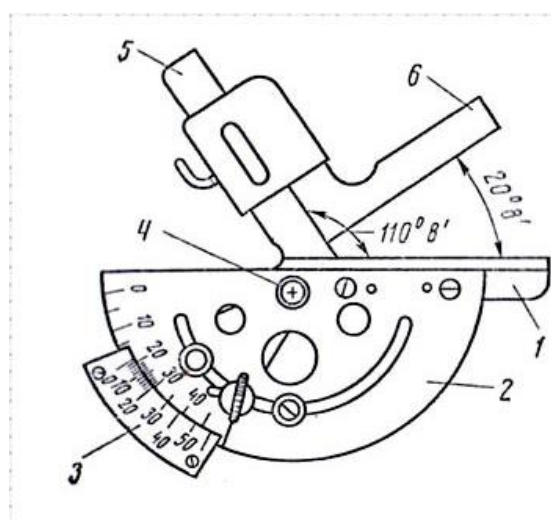


Рис. 7. Общий вид и устройство нониусного угломера: 1 – линейка, 2 – лимб, 3 – сектор, 4 – ось, 5 – линейка, 6 – дополнительный угольник

Тема № 9. Традиционные контрольно-измерительные средства для оценки годности размеров

Микрометрические приборы – универсальные контрольно-измерительные инструменты, основанные на использовании микровинтовой пары с продольной и круговой шкалами. Во всех традиционных микрометрических инструментах резьба винтовой пары имеет шаг, равный 0,5 мм; следовательно, при одном полном обороте винта в гайке винт продвинется вдоль оси на 0,5 мм. На отсчётном барабане нанесено 50 делений, отсюда поворот барабана вместе с микрометрическим винтом на одно деление соответствует их перемещению в осевом направлении на 0,01 мм. Таким образом, цена деления традиционного микрометрического инструмента составляет 0,01 мм. Все они широко применяются в цеховых условиях единичного, мелко- и среднесерийного производств.

К микрометрическим приборам относят: микрометр, глубиномер и нутромер (рис. 1).

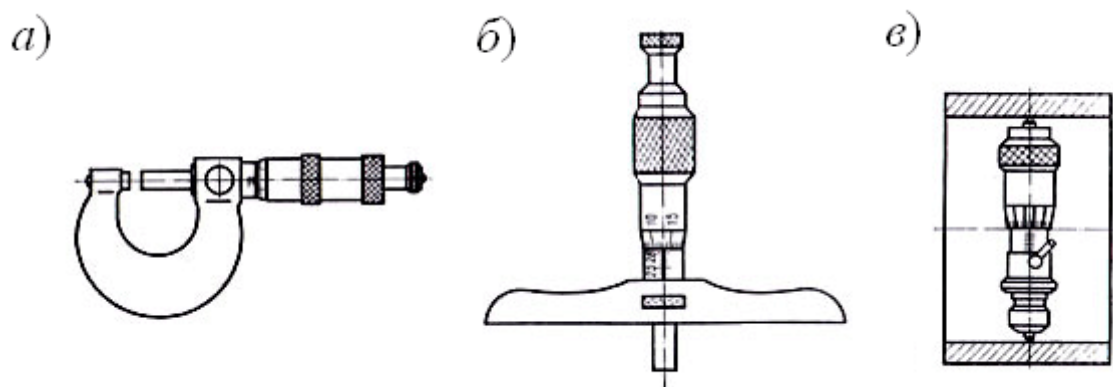


Рис. 1. Общий вид микрометрических приборов:

а) микрометра; б) глубиномера; в) нутромера (в ходе измерения диаметра отверстия)

Микрометры предназначены для измерения линейных размеров прямым абсолютным контактным методом. Промышленное производство микрометров освоено в 1867 году [3]. С технологией их изготовления связан, например, следующий факт [3]. Известно, что тепловые деформации, в частности, в результате нагрева от рук, оказывают отрицательное влияние на точность измерений. В связи с этим, в 40-е годы прошлого века, при изготовлении микрометров и микрометрических нутромеров для измерения больших размеров, в качестве материала корпуса инструмента решили использовать дерево. Деревянные корпуса инструментов практически не подвержены температурным деформациям, однако очень чувствительны к влажности воздуха, что долго препятствовало их применению. В то время единственным надёжным способом предохранения дерева от действия влажного воздуха являлось оклеивание алюминиевой фольгой толщиной около 0,01 мм, что и было сделано. В свою очередь, для предохранения покрытия из фольги от механических повреждений её стали покрывать алюминием путём распыления...

В нынешнее время наиболее распространены микрометры с ценой деления 0,01 мм (ГОСТ 6507-78). Они выпускаются следующих типов (рис. 1.23.15):

- МК – гладкие;
- МЛ – листовые, для измерения толщины листов и лент;
- МТ – трубные, для измерения толщины стенок труб;
- МЗ – зубомерные, для измерения длины общей нормали зубчатых колёс с модулем свыше 1 мм;
- МП – для измерения диаметра проволоки;
- МГ и МВ – настольные микрометры, соответственно, горизонтальные и вертикальные, для измерения размеров малогабаритных деталей небольшой жёсткости, применяемых в часовой и приборостроительной промышленности.

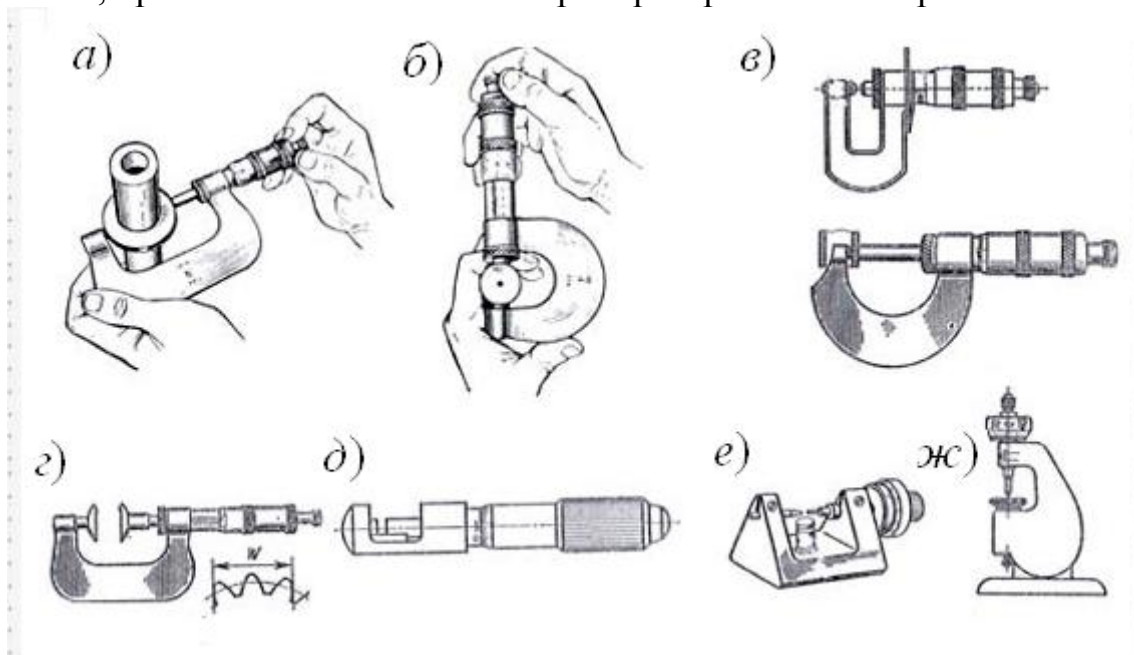


Рис. 2. Общий вид и примеры применения микрометров:

- а) гладких (МК); б) листовых (МЛ); в) трубных (МТ); г) зубомерных (МЗ);
 д) проволочных (МП); е) настольного горизонтального (МГ);
 ж) настольного вертикального (МВ)

Находят применение настольные микрометры с ценой деления 0,001 мм (рис. 1.23.16): МН-1 и МН-2 – со стрелочным отсчётным устройством (ГОСТ 10388-81) и мод. 19005 – с цифровым электронным отсчётом.

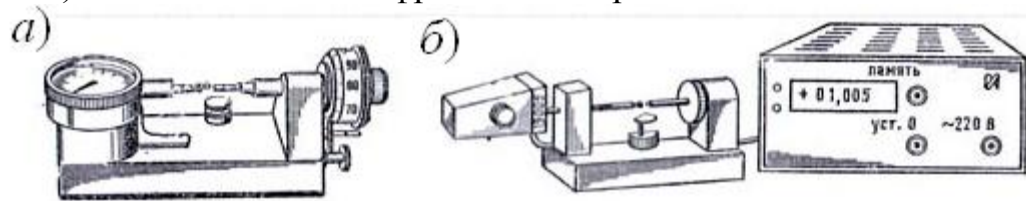


Рис. 3. Общий вид настольных микрометров с ценой деления 0,001 мм:
 а) со стрелочным отсчётным устройством; б) с электронным отсчётным устройством

Выпускаются микрометры (ГОСТ 4380-78) для измерения диаметра резьбы (рис. 4).

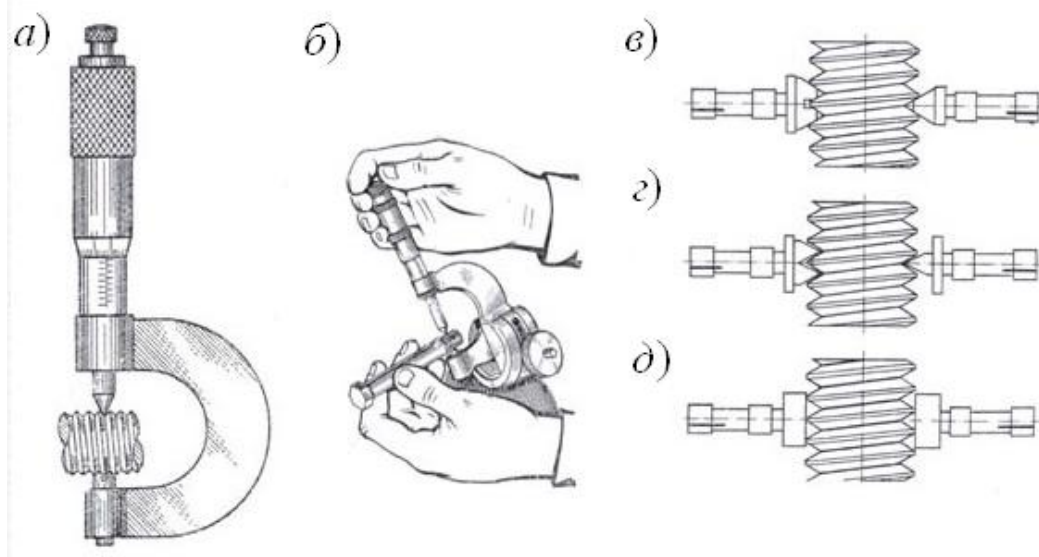


Рис. 4. Общий вид (а) и примеры применения микрометра со резьбовыми вставками для измерения среднего (б, в), внутреннего (г) и наружного (д) диаметров метрических резьб

Стоимость микрометра зависит от сложности конструкции и фирмы-изготовителя. Так микрометр итальянской фирмы «LTF» с диапазоном измерений 0–25 мм стоит 14 евро при цене деления 0,01 мм и 33 евро при цене деления 0,001. Добавление к микрометру счётчика, при том же диапазоне измерений и цене деления 0,01 мм, увеличивает его стоимость до 28 евро у фирмы «LTF» и 123 евро у японской фирмы «Мицутойо». Один микрометр этой японской фирмы с индикатором часового типа и теми же основными характеристиками может стоить 667 евро [21].

Микрометрические глубиномеры (ГОСТ 7470-78) с ценой деления 0,01 мм предназначены для измерения глубины пазов, глухих отверстий и высоты уступов (рис. 5, а).

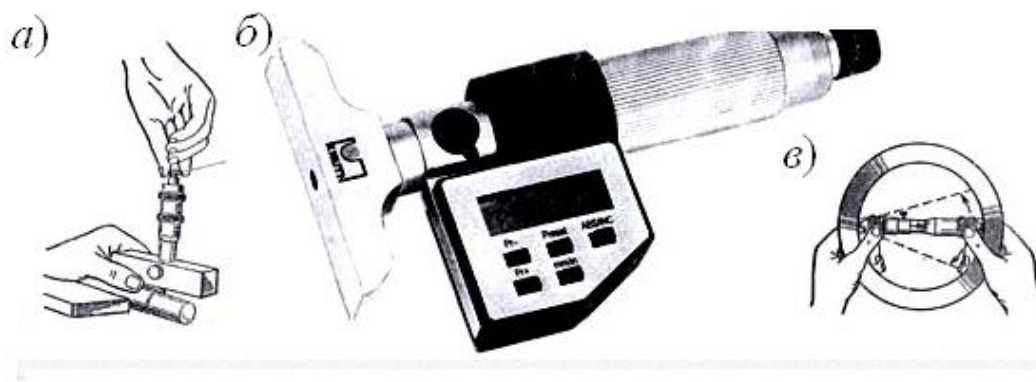


Рис. 5. Общий вид и примеры применения микрометрических глубиномеров (а, б) и нутромеров (в)

За рубежом разработаны электронные версии микрометрических глубиномеров с ценой деления 0,001 мм (рис. 5, б). Стоимость такого инструмента фирмы-изготовителя «Knuth» (Германия), при диапазоне измерений 0–25 мм, составляет 98 евро.

Микрометрические нутромеры (ГОСТ10-75) с ценой деления 0,01 мм предназначены для измерения внутренних размеров (рис. 5, в).

Индикаторы – универсальные измерительные головки в комплекте со стойками и штативами (рис. 6), применяемые независимо от типа производства для абсолютных и относительных измерений размеров, а также отклонений формы и расположения поверхностей, основаны на преобразовании линейных перемещений измерительного стержня в угловые перемещения стрелки-указателя.

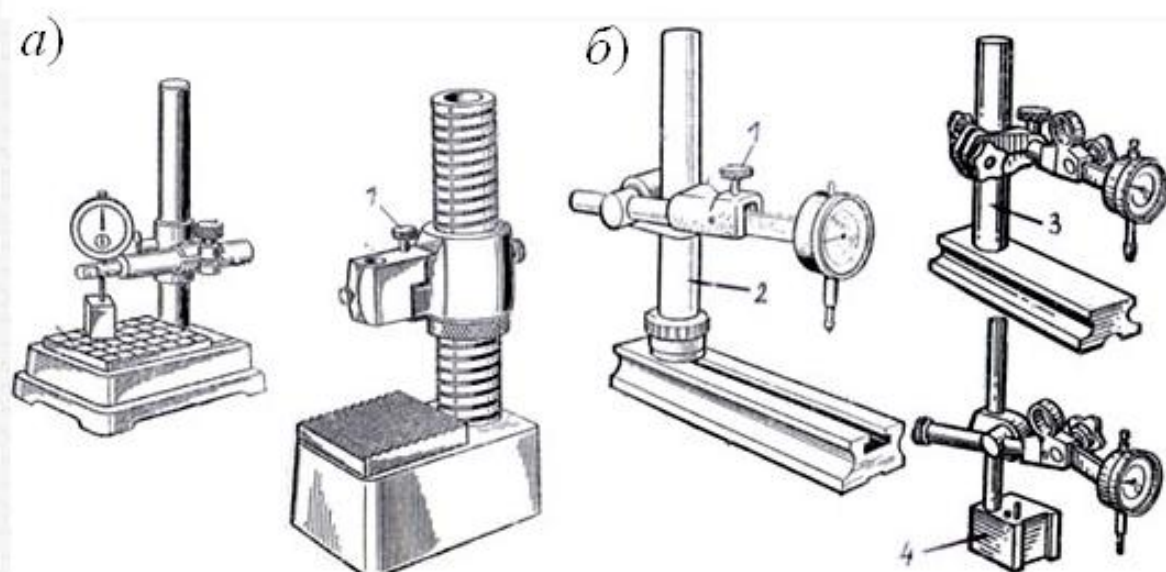


Рис. 6. Общий вид некоторых стоек (а) и штативов (б), применяемых в комплекте с измерительными головками:

1 – механизм микроподачи; 2 – подвижная колонка; 3 – неподвижная колонка; 4 – магнитное основание

К индикаторам относят: индикатор часового типа (ГОСТ 577-68) с ценой деления 0,01 мм, рычажно-зубчатый индикатор (ГОСТ 5584-75) с ценой деления 0,01 мм, а также многооборотные индикаторы (ГОСТ 9696-82) с ценой деления 0,001 и 0,002 мм.

Наиболее распространёнными измерительными головками являются индикаторы часового типа (рис. 7).

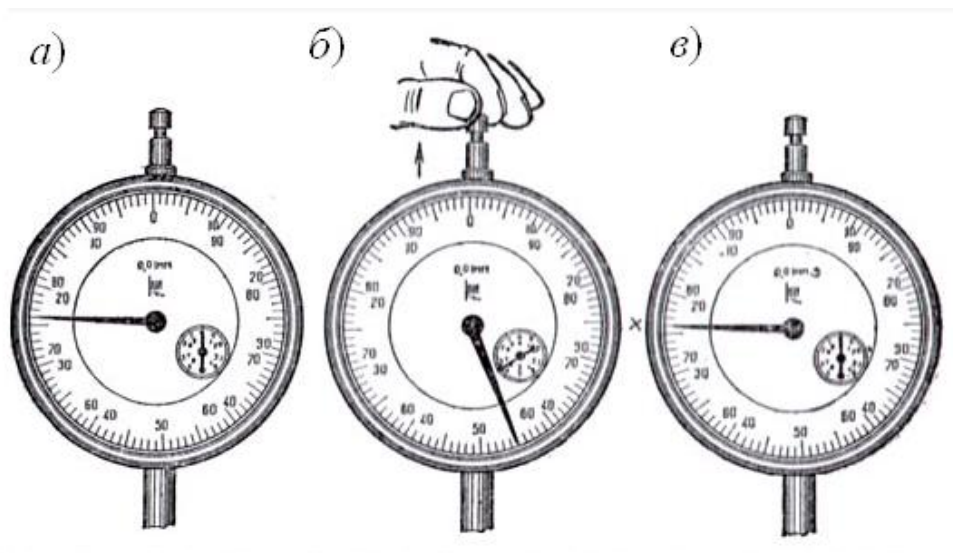


Рис. 7. Общий вид индикатора часового типа и проверки перед измерением постоянства его показаний:

- а) исходное состояние; б) приподнимание и опускание измерительного стержня;
в) состояние после проверки (разность показаний не должна превышать 0,5 деления)

Они предназначены для использования в цеховых условиях при выполнении операций механической обработки, сборки и испытаний изделий. Стоимость такого индикатора производства японской фирмы «Мицутойо» составляет около 58 евро. Электронный индикатор той же фирмы с ценой деления 0,01 мм стоит 159 евро, а с ценой деления 0,001 мм – 324 евро [21].

Общий вид устройств, основанных на применении индикаторов часового типа, показан на рис. 8.

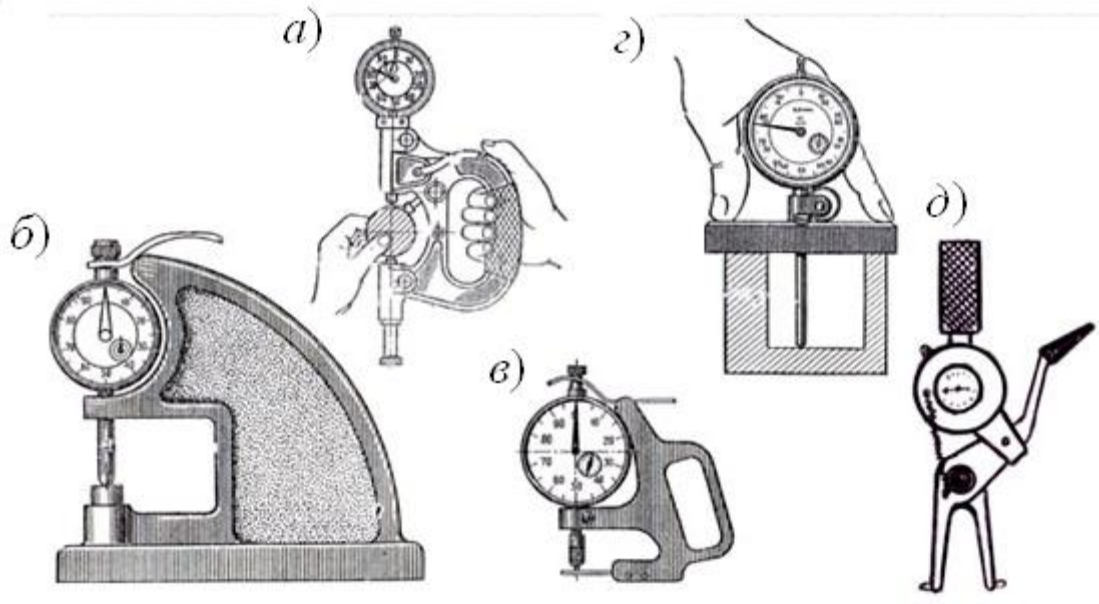


Рис. 8. Общий вид индикаторных устройств, основанных на применении индикаторов часового типа:

- а) скобы (ОСТ 11098-75) с ценой дел. 0,01 мм; б) толщиномеры (ГОСТ 11358-74) с ценой дел. 0,1 и 0,01 мм; в) стенкоммеры (ГОСТ 11951-82) с ценой дел. 0,1 и 0,01 мм; г) глубиномеры (ГОСТ 7661-67) с ценой дел. 0,01 мм; д) нутромеры с ценой дел. 0,01 мм (ГОСТ 868-82), 0,001 мм (ГОСТ 9244-75) и 0,002 мм (ГОСТ 9244-75)

В случае необходимости изготавливаются специальные конструкции индикаторных устройств. Примеры таких устройств показаны на рис. 9.

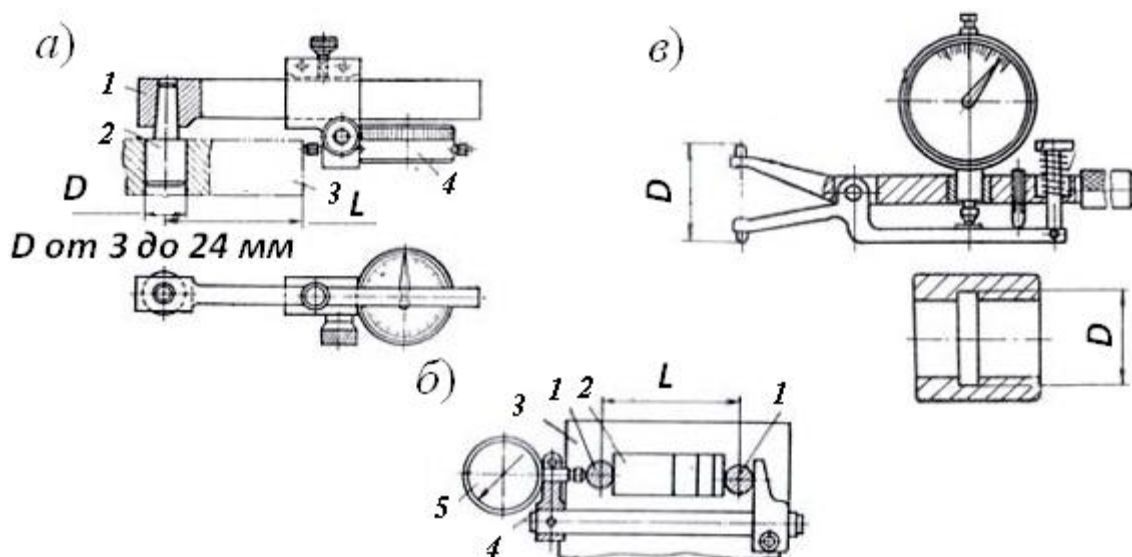


Рис. 9. Общий вид специальных индикаторных устройств:

- а) для измерения расстояния между осью отверстия и торцом (1 – штанга, 2 – пробка, 3 – измеряемая деталь; 4 – индикатор);
- б) для измерения межосевых расстояний двух отверстий (1 – оправки, 2 – блок проверочных плиток, 3 – измеряемая деталь, 4 – корпус приспособления, 5 – индикатор);
- в) нутромер для измерения диаметра внутренних канавок [20]

Уровень зарубежных цен на индикаторы и приспособления к ним можно определить по ценнику фирмы-изготовителя «Knuth» (Германия): индикатор часового типа стоит 22 евро, индикаторный нутромер – 78 евро, магнитные призма и штатив – 59 евро и 28 евро.

Разработано большое количество и других устройств для подобного рода измерений [2]: рычажно-зубчатых головок, рычажных скоб, рычажных микрометров (рис. 10, а), пружинных измерительных головок, электронных показывающих приборов, индуктивных преобразователей, измерительных проекторов, пневматических длинномеров (рис. 10,б).

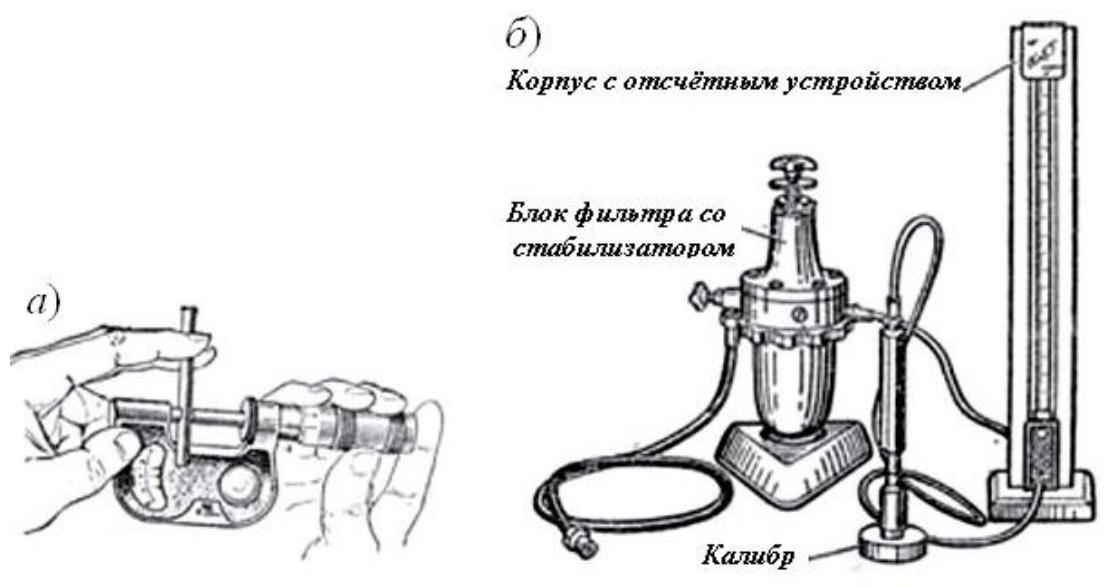


Рис. 10. Пример измерения диаметра валика рычажным микрометром (а) и общий вид пневматического длинномера (б)

Пневматический длинномер предназначен для наружных и внутренних линейных измерений. Принцип действия прибора основан на измерении расхода воздуха в зависимости от величины зазора между торцами сопла калибра и стенками проверяемого изделия. С увеличением зазора увеличивается расход воздуха.

Изменение расхода воздуха заставляет поплавков, поддерживаемый проходящим по трубке воздушным потоком, устанавливаться там, где кольцевой зазор между ним и внутренними стенками стеклянной трубки с коническим отверстием соответствует данному расходу. При увеличении расхода воздуха поплавков поднимается, при уменьшении – опускается.

Оптические угломерные устройства – универсальные оптические угломеры типа УО без нониуса (ГОСТ 11197-73) для измерения контактным методом углов в диапазоне 0° – 180° между двумя плоскостями (рис. 11). Точность отсчёта не превышает $2,5'$ или $5'$. Широко применяются в цеховых условиях единичного, мелко- и среднесерийного производств.

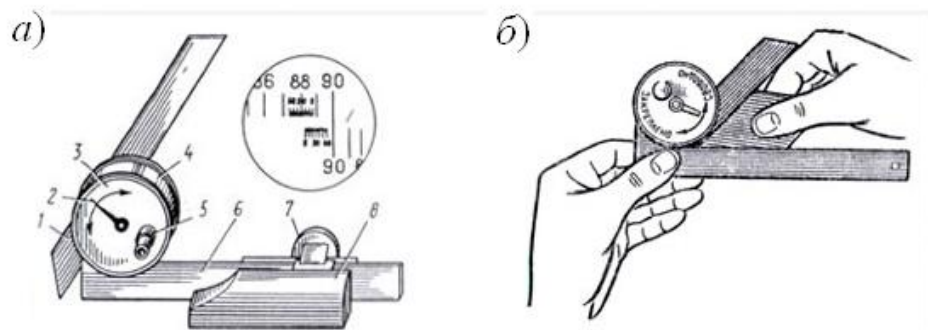


Рис. 11. Общий вид оптического угломера (а) и пример измерения с его помощью (б):

1 – сменная линейка; 2 – фиксатор линейки 1 в продольном направлении; 3 – крышка; 4 – кольцо фиксатора углового положения линейки 1; 5 – отсчётная лупа с 16-кратным

увеличением; 6 – неподвижная линейка жестко связанная с корпусом угломера; 7 – винт для фиксации положения сменной подставки 8

Инструментальные микроскопы (ГОСТ 8074-82) – универсальные оптические приборы, применяемые в цеховых условиях для точных измерений длин, углов, радиусов, межосевых расстояний, параметров резьб и т.п. деталей сложных форм. Цена деления – 0,005 мм. Различают малый (ММИ) и большой (БМИ) микроскопы инструментальные (рис. 12).

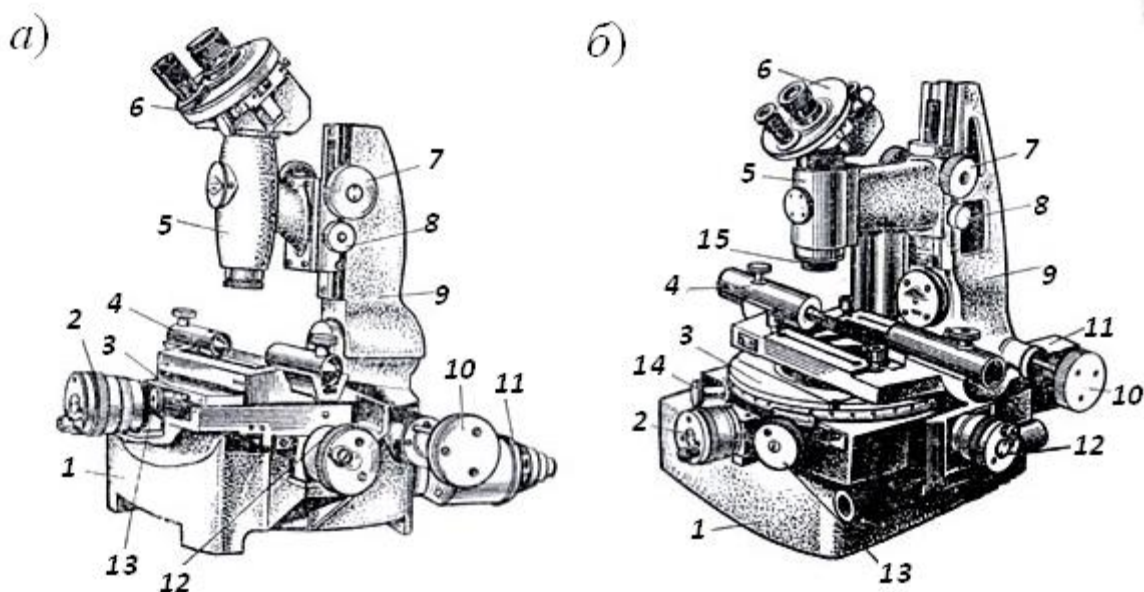


Рис. 12. Общий вид малого (а) и большого (б) инструментальных микроскопов:

1 – основание; 2 – микрометрическое устройство поперечной подачи; 3 – предметный стол; 4 – центровая бабка; 5 – кронштейн с тубусом; 6 – штриховая окулярная головка с отсчётным микроскопом угловой шкалы; 7 – кремальера перемещения кронштейна; 8 – тормоз кронштейна; 9 – колонка; 10 – маховик наклона колонки; 11 – осветитель; 12 – микрометрическое устройство продольной подачи; 13 – винт (маховик) поворота стола; 14 – рукоятка крепления стола; 15 – кольцо фокусировки тубуса

Стоимость БМИ российского производства, с учётом НДС, составляет 131865 руб. [21].

Принципиальная оптическая схема инструментального микроскопа показана на рис. 13.

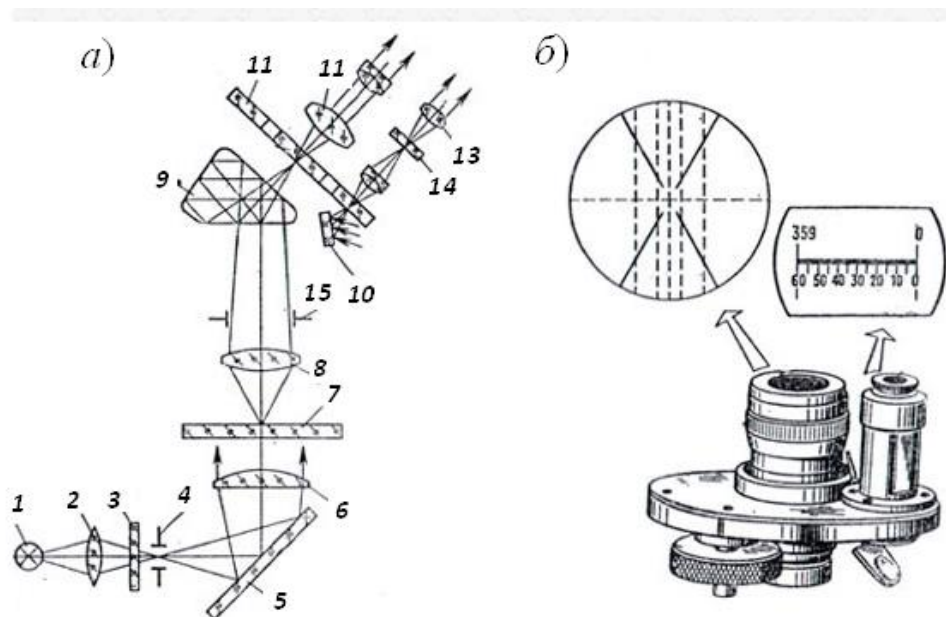


Рис. 13. Оптическая схема инструментального микроскопа (а) и укрупнённый вид окулярной головки с полями зрения (б):

1 – лампа; 2, 6 – линзы конденсоров; 3 – светофильтр; 4, 15 – диафрагмы; 5, 10 – зеркала; 7 – предметный стол; 8 – объектив; 9 – оборачивающая призма; 11, 13 – окуляры; 12 – штриховая сетка с круговым лимбом; 14 – неподвижная минутная шкала

Трёхкоординатные контрольно-измерительные машины (КИМ) – широкоуниверсальные сложные системы с ЧПУ (рис. 14) высокой производительности для измерения в ручном и автоматическом режимах большого числа различных параметров деталей сложной формы, преимущественно крупных размеров.

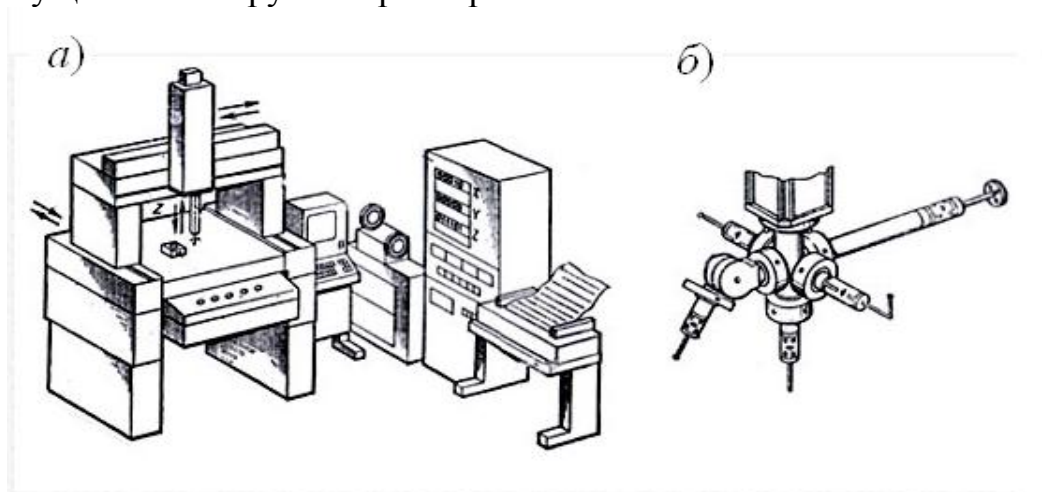


Рис. 14. Общий вид трёхкоординатной контрольно-измерительной машины отечественного производства модели ВЕ155 (а) и измерительной головки со щупами (б)

Цена деления – 0,001 мм. Применяются как в измерительных лабораториях, так и в цеховых условиях. Требуют отдельного помещения с вибропоглощающими опорами и термодатчиками, а также соответствующего программного обеспечения, обслуживания и специалистов. Разрабатываются

возможности сочетания КИМ с технологическим оборудованием. Имеют высокую сложность и стоимость, поэтому применимы при условии полной загрузки в серийном и массовом производстве.

Стоимость КИМ японской фирмы «Мицутойо» составляет от 34 600 евро и выше [21].

Тема № 10. Традиционные средства контроля годности размеров

Калибры – бесшкальные контрольные инструменты простой и надёжной конструкции, применяемые с высокой производительностью и точностью в серийном и массовом производстве для установления соответствия действительных размеров, форм и взаимного расположения поверхностей изделия заданным.

Форма рабочих поверхностей калибров представляет собой как бы негатив формы контролируемых поверхностей изделий.

По способу ограничения отклонений размеров калибры делятся на нормальные и предельные. Раньше для контроля применялись т.н. нормальные калибры, которые фиксировали требуемый размер изделия и к которым изделие подгонялось по возможности точно. Эти калибры имеют ограниченное применение из-за субъективности качества контроля.



Рис. 1. Общий вид нормальных калибров: кольца (а), пробки (б) и скобы (в)

Наибольшее распространение, особенно в связи с потребностями военной промышленности, получили предельные калибры, контролирующие верхний и нижний пределы размера, т.е. имеющие проходную (ПР) и не проходную (НЕ) стороны. Если в ходе контроля не проходят ПР и НЕ, то имеет место брак, но он исправим. Если проходят ПР и НЕ, то брак не исправим. Среди предельных калибров различают однопредельные (рис. 2, а), с раздельным выполнением проходных и непроходных калибров, а также двухпредельные (одно- и двусторонние), представляющие собой конструктивное объединение проходного и непроходного калибров (рис. 2, б, в).



Рис. 2. Общий вид однопредельных калибров (а), двухпредельного одностороннего калибра (б) и двухпредельного двустороннего калибра (в)

Односторонние двухпредельные скобы более удобны и производительнее, чем двусторонние.

По конструкции различают регулируемые и нерегулируемые (жёсткие) калибры (рис. 3).

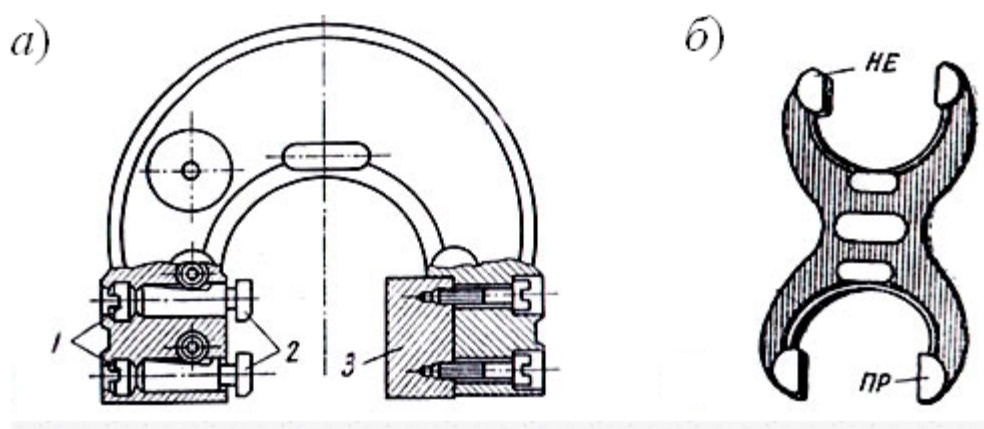


Рис. 3. Общий вид односторонней регулируемой скобы (а) и двухсторонней нерегулируемой скобы (б):

1 – регулировочные винты; 2 – регулируемые губки; 3 – нерегулируемые губки

Первые позволяют компенсировать износ рабочих поверхностей и настраивать калибр на контроль других по величине размеров, тем самым, уменьшая потребное количество калибров. Однако наличие подвижных частей приводит к ограничению применения калибра по точности: например, регулируемые скобы рекомендуют применять для контроля размеров по 8-му качеству и грубее [12]. Нерегулируемые калибры лишены возможности настройки, но зато имеют большую точность и надёжность, чем регулируемые.

Важно отметить, что предельные калибры дают возможность контролировать одновременно размер и отклонения формы поверхности, ограниченной проверяемым размером. Для этого непроходной калибр (или непроходная его сторона) должен иметь неполную форму с возможно малой шириной рабочих поверхностей (рис. 4).



Рис. 4. Примеры предельных калибров с разной длиной проходной и непроходной сторон

Контроль с помощью калибров должен производиться под влиянием веса самого калибра, без оказания добавочного давления со стороны контролёра. Исключение составляют калибры весом менее 100 г, вес которых догружается

до 100 г. Важными требованиями являются также одинаковые твёрдость и температурный коэффициент расширения материала калибра и материала контролируемого изделия. Несоблюдение этого условия приводит к значительной систематической ошибке измерения. Кроме того, калибры должны иметь большую жёсткость при малом весе.

В ходе контроля калибры, естественным образом, изнашиваются, но неравномерно: больше – проходные калибры и значительно слабее – непроходные калибры (только в случае бракованного изделия, что встречается относительно редко). С учётом последнего, длину рабочих поверхностей непроходных калибров (или непроходных сторон калибров) делают меньше, чем у проходных (рис. 4). Например, длина непроходных губок скоб обычно составляет 30–40 % длины проходных губок [3].

Для увеличения износостойкости калибров применяются нитрирование (повышение износостойкости в 2–3 раза), хромирование (в 3–5 раз) и оснащение рабочих поверхностей калибров пластинками из твёрдых сплавов (в десятки раз).

Калибры являются дорогими инструментами. Следовательно, для сохранения их точности необходимо бережно обращаться с ними и обеспечить за ними хороший уход. Калибры нельзя подвергать ударам и всячески следует оберегать от забоин и царапин. Они должны храниться в деревянных футлярах и ящиках, предварительно протёртые масляной салфеткой.

Рассмотрим основные разновидности калибров по назначению.

Для контроля диаметров гладких валов, наружной резьбы и наружных шлицев используют, соответственно, калибры-скобы (ГОСТ 2216-68) или калибры-кольца (ГОСТ 18355-73), резьбовые скобы или резьбовые кольца (ГОСТ 17763-72, ГОСТ 17764-72) и шлицевые кольца (рис. 5).

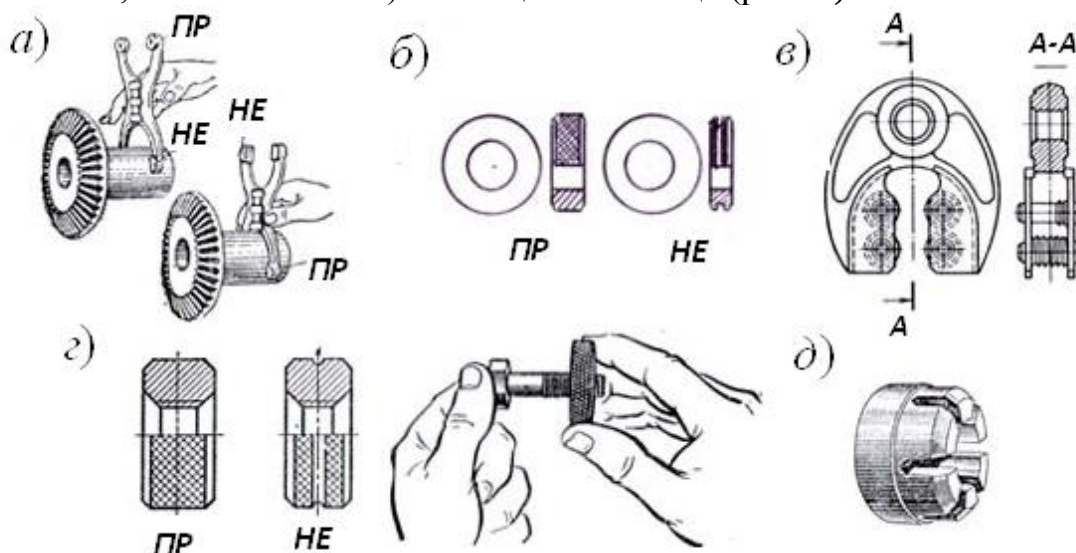


Рис. 5. Общий вид калибров-скоб (а), калибров-колец (б), резьбовой скобы (в), резьбовых колец (з), шлицевого кольца (д)

С точки зрения производительности и универсальности контроля диаметра валов, скобы более предпочтительны, чем кольца, т.к. они позволяют

обеспечить контроль в процессе обработки вала, без съёма его со станка. Кроме того, кольцами невозможно проверить диаметры наружных канавок («шеек»).

При контроле необходимо помнить, что калибры, в частности скобы, не являются абсолютно твёрдыми изделиями. Экспериментально установлено [3], что штампованная скоба размером 90 мм, в результате нагрева от руки в течение 5 мин., увеличивает свой размер на 4 мкм. При контроле необходимо учитывать и упругие деформации скоб: деформация скобы при прохождении её на вал под действием собственного веса для размера 170 мм не превышает 4,5 мкм, а для размера 324 мм – около 30 мкм.

Для контроля диаметров гладких отверстий, резьбовых отверстий и внутренних шлицев используют (рис. 6), соответственно, калибр-пробку (ГОСТ 14807-69, ГОСТ 14827-69), резьбовую пробку (ГОСТ 17756-72, ГОСТ 1759-72) и шлицевую пробку.

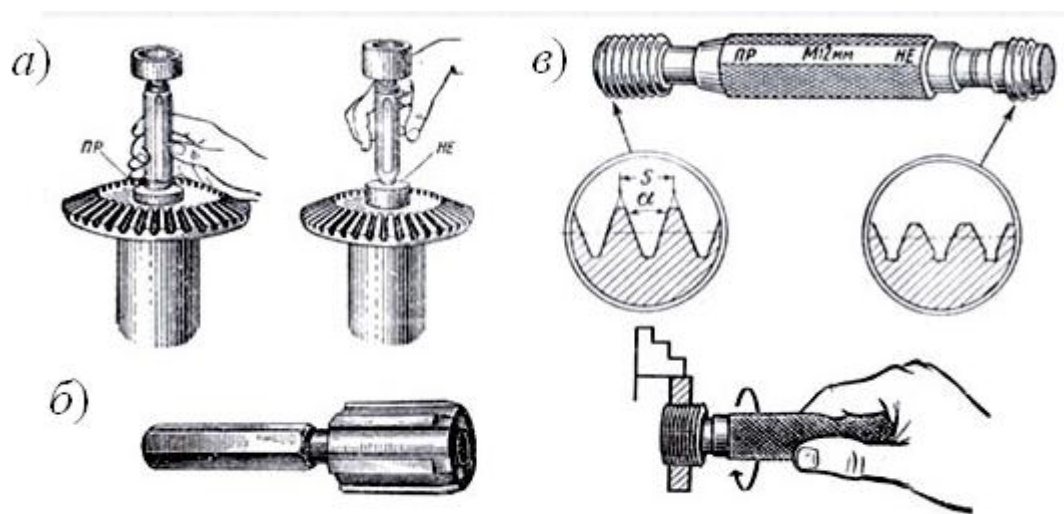


Рис. 6. Общий вид калибров-пробок (а), шлицевой пробки (б) и резьбовой пробки (в)

Пробки дают возможность контролировать, кроме размера, отклонения формы. Для этого непроходная сторона пробки (НП) должна иметь неполную форму с малой шириной рабочей поверхности.

Для контроля линейных размеров применяют шаблоны – предельные калибры, изготовленные из листового материала и применяемые для контроля глубин и высот уступов, длин ступеней и т.п. (рис. 7).

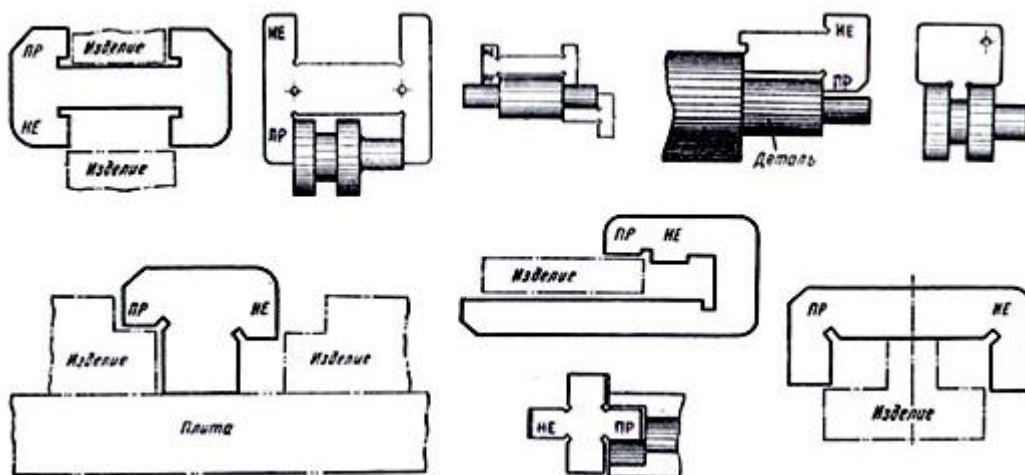


Рис. 7. Общий вид шаблонов, применяемых для контроля линейных размеров

Для контроля гладких наружных конусов и конических отверстий применяют калибры-втулки и калибры-пробки, выполненные с двумя рисками или уступами (рис. 8).

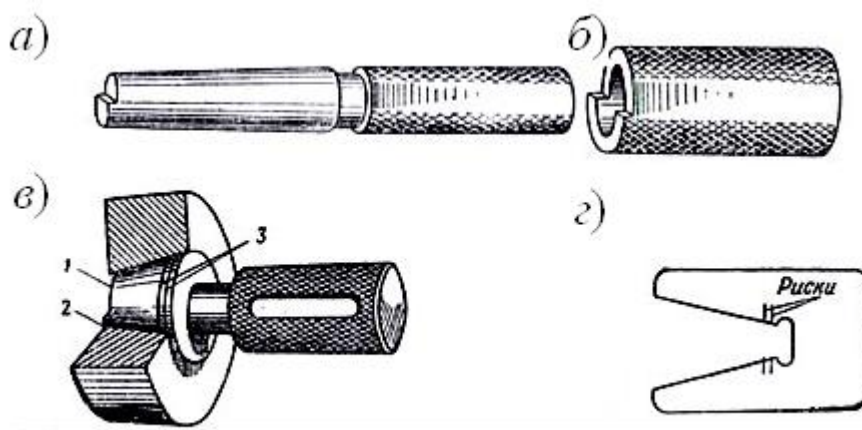


Рис. 8. Общий вид конусных калибров: пробка и втулка с уступами (а, б), пробка с рисками и уступами (в), угловая скоба с рисками (г)

И риски, и уступы ограничивают допуск на осевое смещение калибра при проверке диаметра конуса детали. Эти калибры являются комплексными (ГОСТ 2849-69), т.к. с их помощью осуществляется контроль диаметра, угла конуса и отклонения формы.

Для измерения, например, конического отверстия калибр (рис. 8, в), имеющий уступ 2 на определённом расстоянии от торца 1 или две риски 3, вводят с лёгким нажимом в отверстие и замечают, не качается ли калибр в отверстии. Отсутствие качания показывает, что угол конуса правилен. Затем проверяют, до какого места калибр войдёт в измеряемую деталь. Если торец

детали совпадает с левым торцом уступа или с одной из рисок 3, или находится между этими рисками, то размеры конуса правильны.

Если риски не видны, или оба торца уступа калибра выйдут из детали наружу, то диаметр отверстия больше заданного. Если наоборот, обе риски окажутся вне отверстия или ни один из торцов уступа не выйдет из него, то диаметр отверстия меньше требуемого.

К калибрам для контроля наружных конусов относятся также угловые скобы с рисками (рис. 8, з). Конус проверяют методом световой щели (на просвет).

Для контроля сложного, нестандартного профиля детали используют специальные профильные калибры или шаблоны (рис. 9).

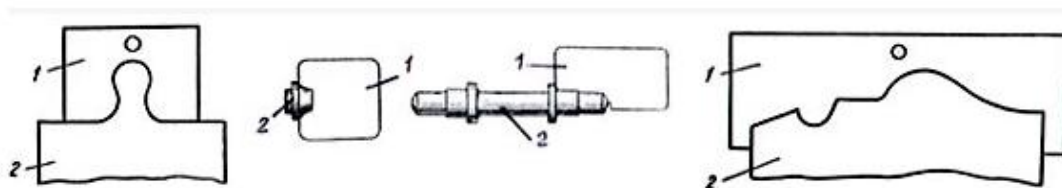


Рис. 9. Контроль изделий (2) профильными калибрами или шаблонами (1)

Принцип контроля – на просвет. Их производство носит единичный и мелкосерийный характер. Единой системы допусков на такие калибры не существует. Достигаемая точность контроля – 3–5 мкм.

Для контроля радиусов скруглений и шага резьбы также используют шаблоны (рис. 1.23.37), соответственно, радиусные (ГОСТ 4126-66) или резьбовые (ГОСТ 519-66).

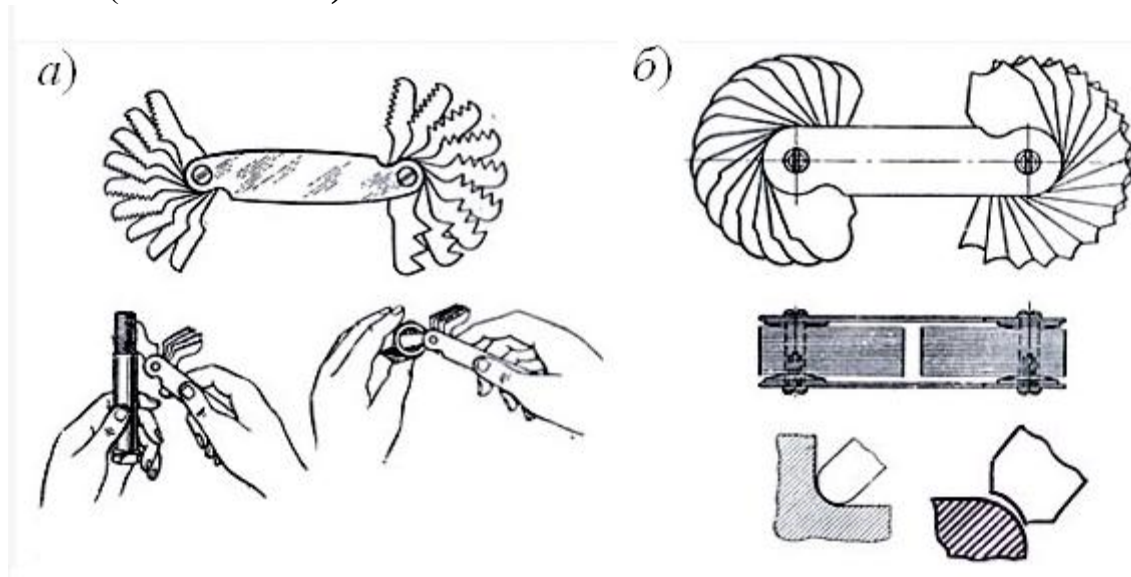


Рис. 10. Общий вид радиусных (а) и резьбовых (б) шаблонов и примеров контроля

Это единственные шаблоны, которые нормализованы. Резьбовые шаблоны комплектуются в два набора: метрический (20 шаблонов) и дюймовый (16 шаблонов), радиусные шаблоны – в три набора (1,0–6,5 мм; 7,0–14,5 мм; 15–25

мм), каждый из которых состоит из 32 шаблонов (16 выпуклых и 16 вогнутых). Принцип контроля тот же – на просвет. Радиусные шаблоны могут быть использованы в качестве предельных калибров с помощью двух шаблонов с разными, но близкими радиусами.

Для контроля угловых размеров ступеней, скосов, фасок и т.п., независимо от серийности производства, применяют жёсткие угловые шаблоны (рис. 11).

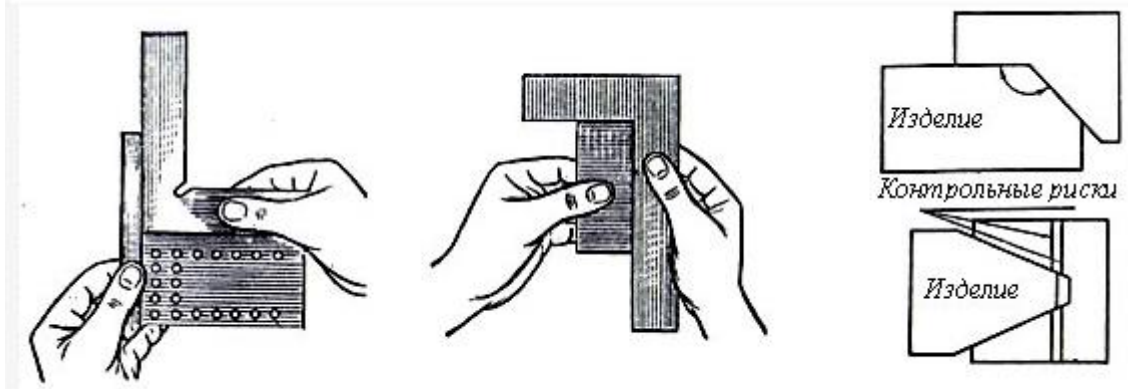


Рис. 11. Общий вид угловых шаблонов

Для контроля размеров шпоночных пазов используют калибры-глубиномеры и пазовые калибры (рис. 12).

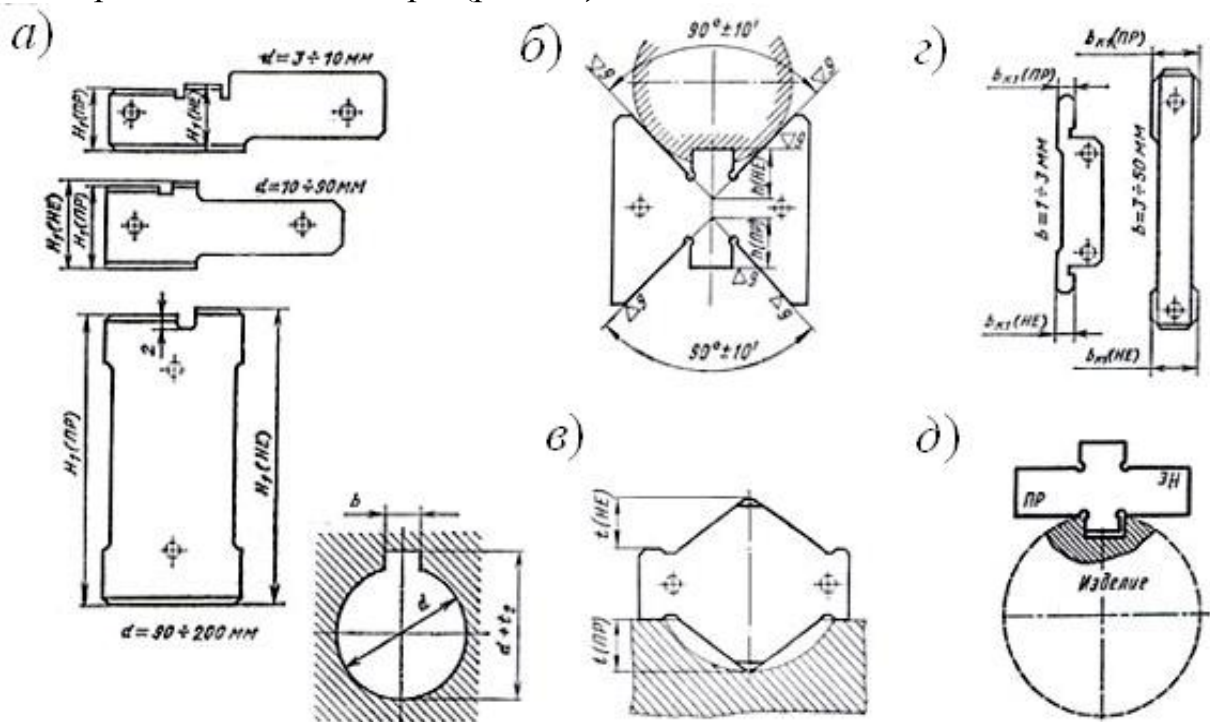


Рис. 12. Общий вид калибров для контроля размеров шпоночных пазов: глубиномеры для контроля глубины паза в отверстии (а), на валу (б) и под сегментные шпонки (в); пазовые калибры для контроля ширины паза (г, д)

Одной из основных задач оценки размерных характеристик изделий является задача повышения её производительности. Во-первых, это необходимо для сокращения общей трудоёмкости изготовления изделия. Во-вторых,

значительной трудоёмкостью самих действий по контролю и измерению. Например, контроль резьбы с помощью резьбовых калибров-колец занимает почти в 10 раз больше времени, чем непосредственно изготовление резьбы методом накатки [3].

В качестве возможных путей решения рассматриваемой задачи можно предложить следующие:

1. Усовершенствование конструкций калибров.

Усовершенствование конструкции скоб для контроля диаметра вала [3, 9, 17] (рис. 1.23.40).

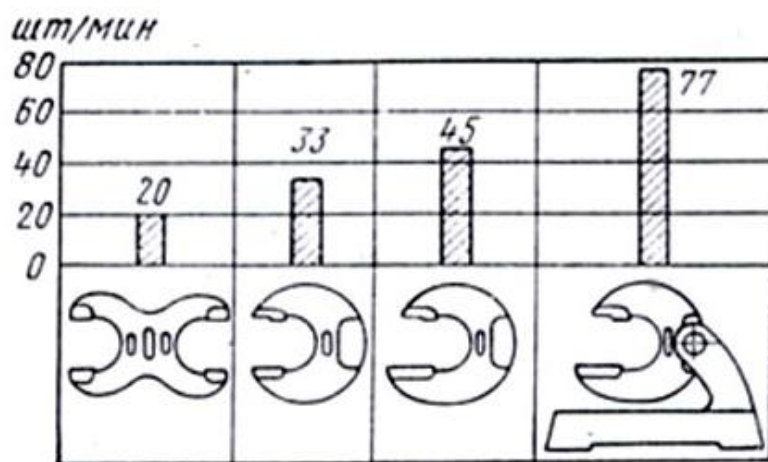


Рис. 13. Влияние конструкций скоб на производительность контроля [9]

Применение двусторонней скобы обеспечивает 20 измерений в минуту, односторонней скобы – 33, скобы с удлиненной направляющей одной из губок – 45, односторонней скобы, закреплённой в стойке стационарно – 56 [3], стационарно закреплённой скобы с удлиненной направляющей одной из губок – 77 измерений в минуту [9].

Применение для контроля отверстий калибр-пробки с направляющим пояском (рис.1.23.41) повышает производительность контроля от 1,5 [3] до 2–4 раз [17].



Рис. 14. Общий вид пробки с направляющим пояском (а) и схема контроля (б)

2. Создание контрольных стендов с комплектом калибров, установленных в порядке выполнения контроля (рис. 15, а). Например, в условиях серийного производства производительность контроля может быть увеличена в 2 раза, за счёт применения контрольных стендов с несколькими стационарно закреплёнными калибрами [3].

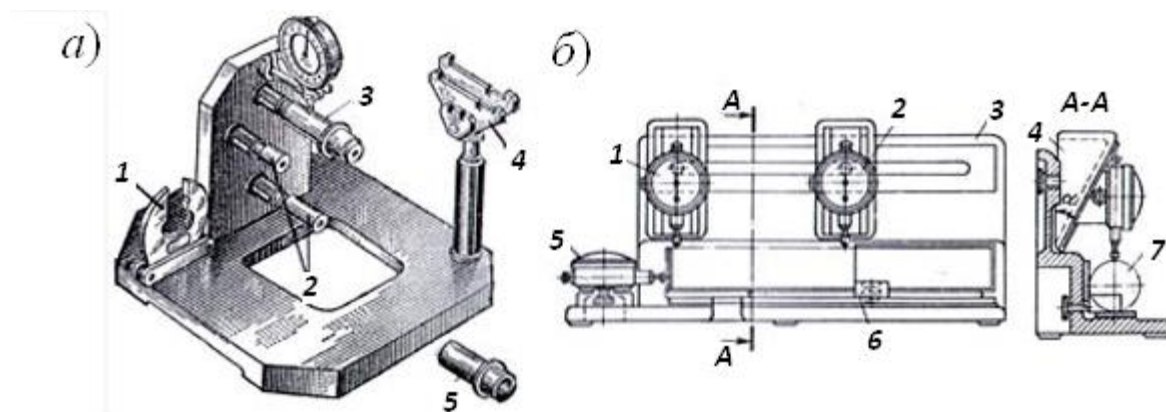


Рис. 15. Общий вид приспособлений:

а) для последовательного контроля:

1 – скоба для контроля наружного диаметра, 2 – пробки для контроля диаметра отверстия, 3 – измерение толщины стенки детали индикатором, 4 – калибры для контроля длины детали и толщины буртика, 5 – деталь;

б) для одновременного контроля диаметра и длины детали:

1, 2, 5 – индикаторы, 3, 4 – направляющие, 6 – упор, 7 – деталь

3. Создание одно- (рис. 15, б) и многоместных измерительных приспособлений, позволяющих с одной установки одновременно измерять несколько размеров.

4. Применение светосигнальных устройств, исключающих отсчёт по шкалам.

5. Применение контрольно-сортировочных автоматов.

6. Применение систем автоматического контроля и измерения размеров изделия в процессе изготовления на станках.

Сравнение производительности некоторых контрольно-измерительных средств приведено в таблице 2[17].

Таблица 2

Сравнение производительности некоторых контрольно-измерительных средств

Наименование контрольно-измерительных средств	Время (мин) на измерение (контроль) одного размера
Калибр-пробка односторонняя	0,03 – 0,12
Калибр-пробка двусторонняя	0,04 – 0,10
Штангенциркуль	0,07 – 0,15
Микрометр	0,08 – 0,19
Рычажный микрометр	0,09 – 0,25
Многомерное контрольное приспособление светосигнального типа	0,04 – 0,10 (на группу одновременно контролируемых размеров (от 2 до 7 размеров))

РАЗДЕЛ 3. **ОЦЕНКА МАКРООТКЛОНЕНИЙ**

Общие сведения о пространственных отклонениях. Традиционные средства для измерения отклонений формы поверхностей. Отклонения взаимного расположения. Суммарные отклонения формы и расположения. Традиционные средства для измерения отклонений взаимного расположения поверхностей и суммарных отклонений. Совершенствование контроля и измерения.

Тема № 11. **Общие сведения о пространственных отклонениях. Традиционные средства для измерения отклонений формы поверхностей**

Полученные при изготовлении деталей отклонения формы и расположения их поверхностей могут оказать неблагоприятное влияние как на функцию детали или прибора в целом, так и на экономичность монтажа и эксплуатации.

Например, отклонения формы элементов подшипников качения сокращают срок их службы и повышают уровень шума при их работе; у поршней, рабочих цилиндров и других элементов гидравлических устройств повышают негерметичность; биение дисков и валов вызывают их неуравновешенность и т.п.

Отклонения от прямолинейности и параллельности направляющих поверхностей станков, плоскостности поверхности столов для установки изделий, биения шпинделей влияют на точность станков и точность получаемых изделий. Некоторые отклонения формы и расположения вызывают трудности при монтаже и препятствуют взаимозаменяемости.

Для обеспечения правильной функции приборов, требуемой долговечности деталей и их взаимозаменяемости необходимо, чтобы конструктор установил обоснованные допуски формы и расположения поверхностей и указал их на чертежах деталей.

Если отклонения формы, взаимного расположения и суммарные отклонения допустимы в пределах всего поля допуска на размер, то они на чертежах не оговариваются. Во всех остальных случаях они должны быть указаны, либо условными обозначениями, либо текстом в технических требованиях.

Нанесение на чертежах отклонений формы, расположения и суммарных отклонений выполняется по ГОСТ 2.308-79 [8].

Отличительным признаком наличия на изображениях детали таких отклонений является присутствие прямоугольных рамок, разделённых на два или три поля. Рамки располагаются, как правило, в горизонтальном направлении и соединяются указательными стрелками с элементами детали, к которым относятся отклонения (рис. 1).

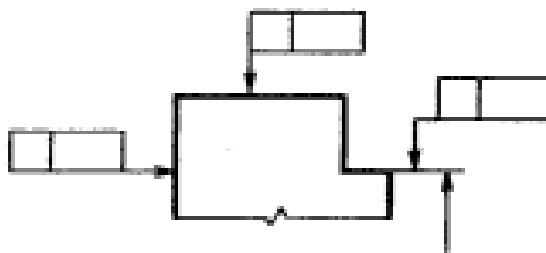


Рис. 1. Примеры расположения рамок

Для неуказанных на чертеже отклонений обязательно присутствие записи в технических требованиях: «Неуказанные допуски формы и расположения поверхностей – по ГОСТ 25069-81».

Отклонения формы

Напомним ряд основных определений [11].

Отклонение формы – отклонение формы реальной поверхности или реального профиля от формы номинальной поверхности или номинального профиля.

Определение реальной поверхности было дано в начале лекции.

Допуск формы – наибольшее допускаемое значение отклонения формы.

Номинальная поверхность – идеальная поверхность, номинальная форма которой задана чертежом или другой технической документацией.

Номинальный профиль – профиль номинальной поверхности.

Количественно отклонение формы оценивается наибольшим расстоянием от точек реальной поверхности (профиля) до прилегающей поверхности (профиля) по нормали к прилегающей поверхности (профилю).

Прилегающая поверхность – поверхность, имеющая форму номинальной поверхности, соприкасающаяся с реальной поверхностью и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от неё наиболее удалённой точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имело наименьшее значение.

В общем виде условные обозначения таких отклонений на чертежах выглядят следующим образом:

X	$Y/$
	Z

где вместо « X » указывается условное графическое обозначение отклонения;

вместо « Y » указывается наибольшая допустимая величина отклонения (мм);

вместо «Z» указывается величина нормируемого участка (мм), если отклонение задаётся не на всём протяжении поверхности, а на отдельном её участке.

В общем случае все поверхности можно разделить на плоские и поверхности вращения.

Отклонения формы плоских поверхностей

1. Отклонение от прямолинейности (Δ) – наибольшее расстояние от точек реального профиля до прилегающей прямой в пределах нормируемого участка (рис. 2).

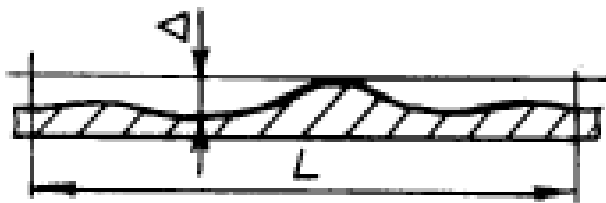


Рис. 2. Эскиз отклонения от прямолинейности

Частными видами отклонения являются выпуклость (рис. 3, а) и вогнутость (рис. 3, б).

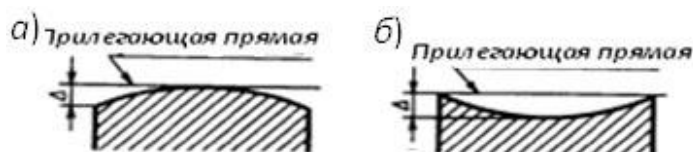


Рис. 3. Частные виды отклонения от прямолинейности

Пример обозначения приведён на рис. 4.

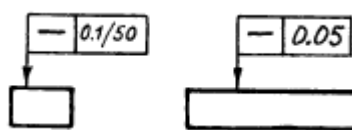


Рис. 4. Пример обозначения на чертеже

2. Отклонение от плоскостности (Δ) – наибольшее расстояние от точек реальной поверхности до прилегающей плоскости в пределах нормируемого участка (рис. 5).

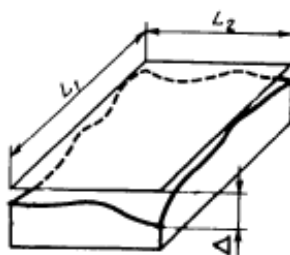


Рис. 5. Эскиз отклонения от плоскостности

Отклонение от плоскостности часто определяется как наибольшее отклонение от прямолинейности при измерении в различных направлениях. Частными видами являются выпуклость и вогнутость. Пример обозначения приведён на рис. 6.

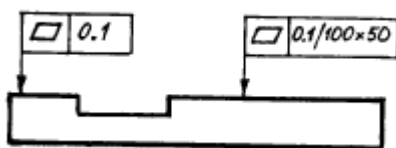


Рис. 6. Пример обозначения на чертеже

Величина отклонений определяется степенью точности выполнения заданной формы детали. ГОСТ 24643-81 [12] предусматривает 16 степеней точности (1-я самая точная). В зависимости от величины отношения допуска формы и допуска размера, координирующего плоскость, различают нормальную (60 %), повышенную (40 %) и высокую (25 %) относительную геометрическую точность поверхности.

Традиционные средства измерения отклонений формы плоских поверхностей

Основными методами оценки отклонений формы плоских поверхностей являются оптические, оптико-механические, гидростатические и механические.

Оптические методы, с помощью плоских стеклянных пластин и интерферометров (при длине поверхности до 400 мм) и оптико-механические методы, с помощью автоколлиматоров и зрительных труб (при длине поверхности свыше 400 мм).

Гидростатические методы, с помощью «уровней», при длине проверяемой поверхности свыше 400 мм.

В механических цехах наиболее распространены механические методы.

Сличение с рабочим ребром лекальной линейки (ГОСТ 8026-75) «на просвет» по световой щели (рис. 7) или при помощи щупа (ГОСТ 882-75) в наборах (рис. 8) применяется при длине проверяемой поверхности до 400 мм.

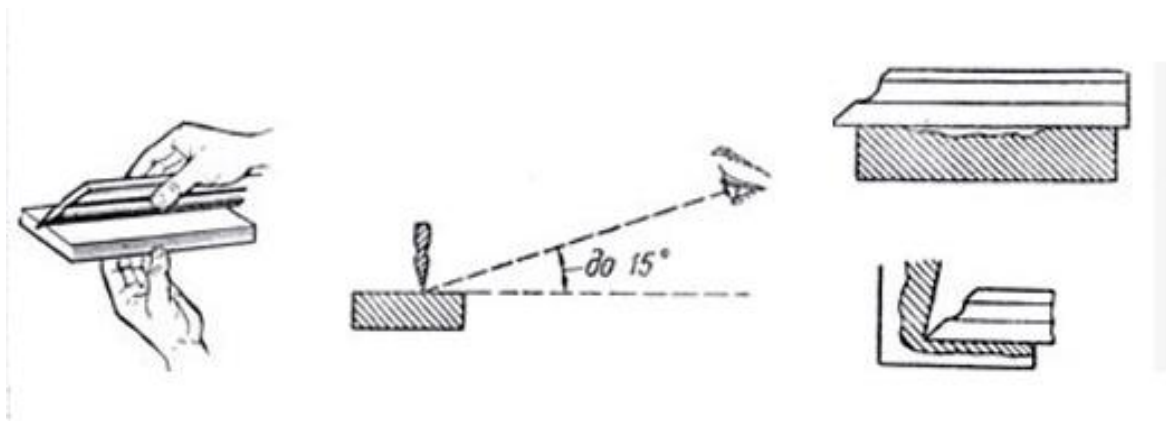


Рис. 7. Приёмы проверки лекальной линейкой отклонения от прямолинейности открытой плоскости и в углах

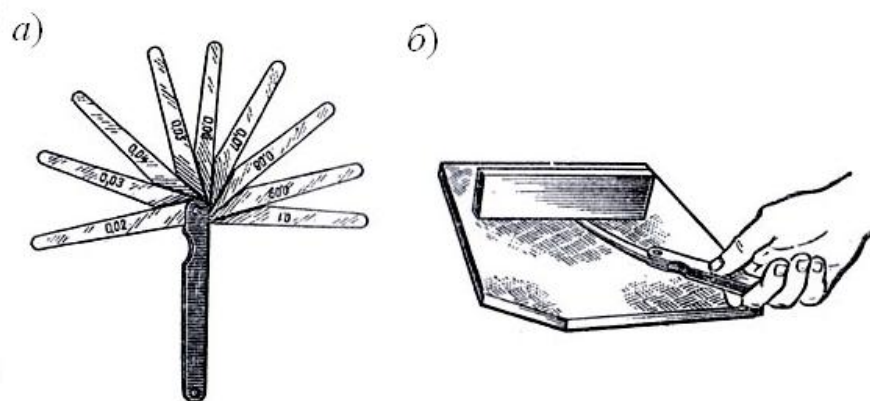


Рис. 8. Общий вид набора щупов в обойме (а) и их применение (б)

Данный метод используется как для оценки отклонений от прямолинейности, так и от плоскостности в разных направлениях измерения (рис. 9).



Рис. 9. Линии измерения лекальной линейкой отклонения от плоскостности

В результате определяются отклонения от 2 мкм и грубее с погрешностью 15–20 % от измеряемой величины.

Сличение с образцовой поверхностью поверочных плит (рис. 10, а), или широких лекальных линеек (рис. 10, б), выполняется методом «пятен на

краску» при любой длине проверяемой поверхности и применяется для контроля отклонения от плоскостности.

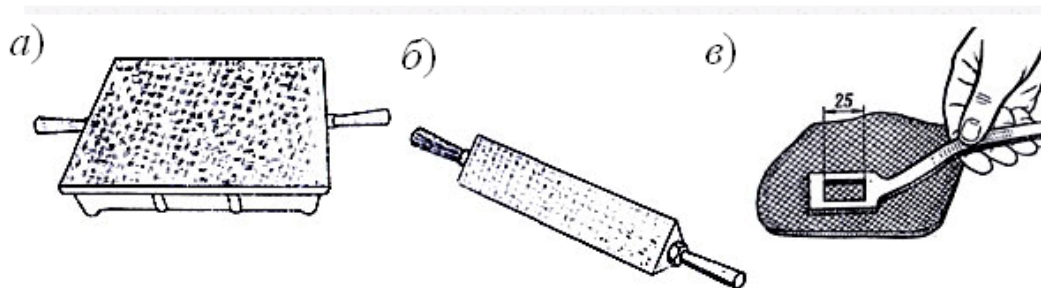


Рис. 10. Общий вид поверочных плиты (а) и линейки (б), приём контроля числа пятен (в)

Поверхность плиты или линейки равномерно смазывается тонким слоем синей краски «берлинская лазурь». После чего окрашенная линейка устанавливается на проверяемую поверхность (или проверяемая поверхность накладывается на окрашенную поверочную плиту) и происходит относительное продольное перемещение. Разняв контактируемые поверхности, определяют равномерность расположения пятен. Чем больше пятен получается на изделии в пределах квадрата 25×25 мм (рис. 10, в), тем меньше отклонение проверяемой поверхности от плоскостности.

Сличение с образцовой плоскостью может выполняться при помощи сферометра (а) или при помощи специальной индикаторной плиты (ГОСТ 10905-64) с ценой деления 0,001 мм, разработанной на Новосибирском приборостроительном заводе [20] (рис. 11).

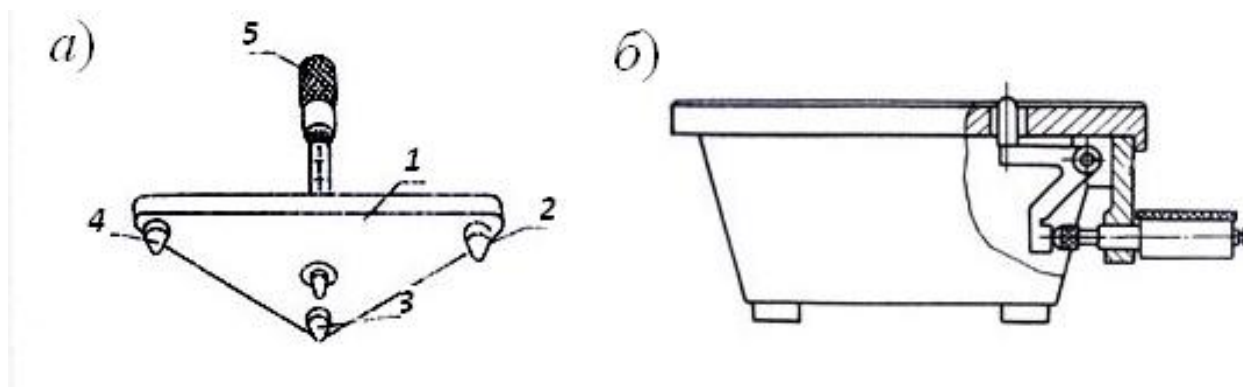


Рис. 11. Общий вид сферометра (а) и специальной плиты (б) с индикаторным устройством:

1 – корпус; 2, 3, 4 – жёсткие опоры; 5 – микрометрический винт

Измерение отклонений от прямолинейности и от плоскостности может выполняться также с помощью контрольно-измерительных машин (КИМ).

Отклонения формы цилиндрических поверхностей

1. Отклонение от цилиндричности (Δ) – наибольшее расстояние от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра в пределах нормируемого участка (рис. 12).

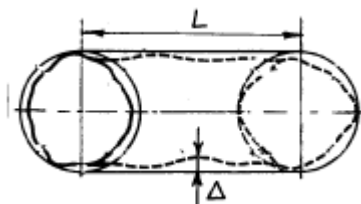


Рис. 12. Эскиз отклонения от цилиндричности

Пример обозначения приведён на рис. 13.

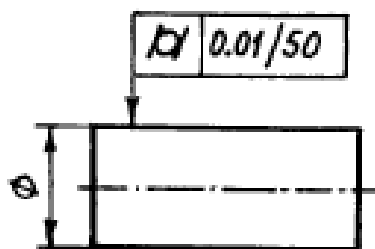


Рис.13. Пример обозначения на чертеже

На практике таким отклонением пользуются редко, из-за сложности его вычисления. Поэтому конструктор обычно задаёт допуск формы в поперечном сечении (отклонение от круглости) и продольном осевом сечении (отклонение профиля продольного сечения) номинально цилиндрической поверхности (рис. 14).

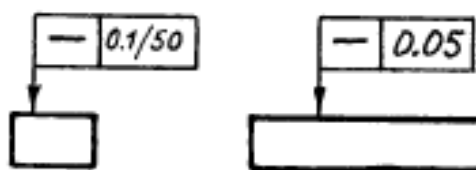


Рис. 14. Пример обозначения на чертеже

2. Отклонение от круглости (Δ) – наибольшее расстояние от точек реального профиля до прилегающей окружности (рис. 15, а). Частными видами являются овальность (рис. 15, б) и огранка (рис. 15, в).

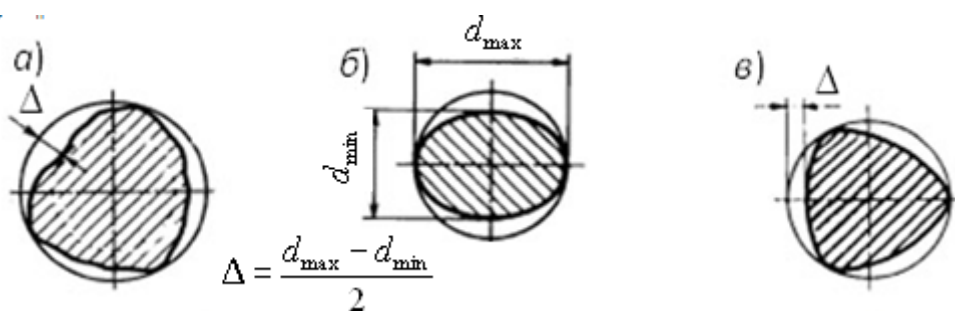


Рис. 15. Эскиз отклонения от круглости и его частные виды

Пример обозначения приведён на рис. 16.

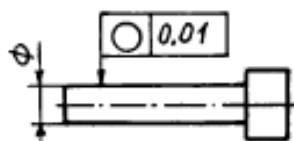


Рис. 16. Пример обозначения на чертеже

3. Отклонение профиля продольного сечения (Δ) – наибольшее расстояние от точек реальной поверхности (лежащих в плоскости, проходящей через её ось) до соответствующей стороны прилегающего профиля в пределах нормируемого участка (рис. 17, а). Частными видами являются конусообразность, бочкообразность и седлообразность (рис. 17, б, в, г).

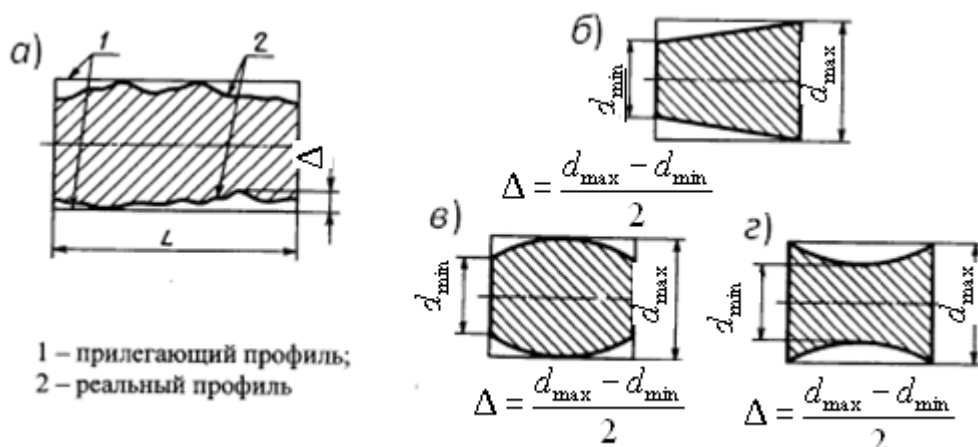


Рис. 17. Эскиз отклонения профиля продольного сечения и его частные виды

К цилиндрическим поверхностям применимы также понятия об отклонении от прямолинейности оси (прежний термин "изогнутость") и об отклонении от прямолинейности образующей. Пример обозначения приведён на рис. 18.

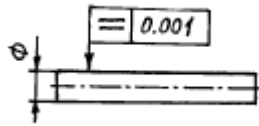


Рис. 18. Пример обозначения на чертеже

Числовые значения допусков формы цилиндрических поверхностей приведены в ГОСТ 24643-81, в соответствии с 16-ю степенями точности. В зависимости от величины отношения допуска формы и допуска диаметра различают нормальную (30 %), повышенную (20 %) и высокую (12 %) относительную геометрическую точность поверхности.

Отклонения формы конических поверхностей

Для конических поверхностей ограничиваются указанием отклонений от прямолинейности и от круглости. Обозначения, как для цилиндрических поверхностей.

Традиционные средства измерения отклонений формы поверхностей вращения

Методы оценки отклонения от цилиндричности:

- контроль, в пределах допуска на размер, с помощью неполной непроходной пробки (для отверстий) и непроходной скобы (для валов);
- измерение с помощью макропрофилографов, в нескольких поперечных и продольных направлениях;
- измерение с помощью КИМ.

Методы оценки отклонения от круглости:

- контроль, в пределах допуска на размер, с помощью непроходной скобы с узкими рабочими рёбрами (для валов);
- измерение диаметра поверхности в двух перпендикулярных сечениях (для выявления овальности) с помощью микрометра, рычажной скобы и т.п. в зависимости от точности (рис. 19, а);

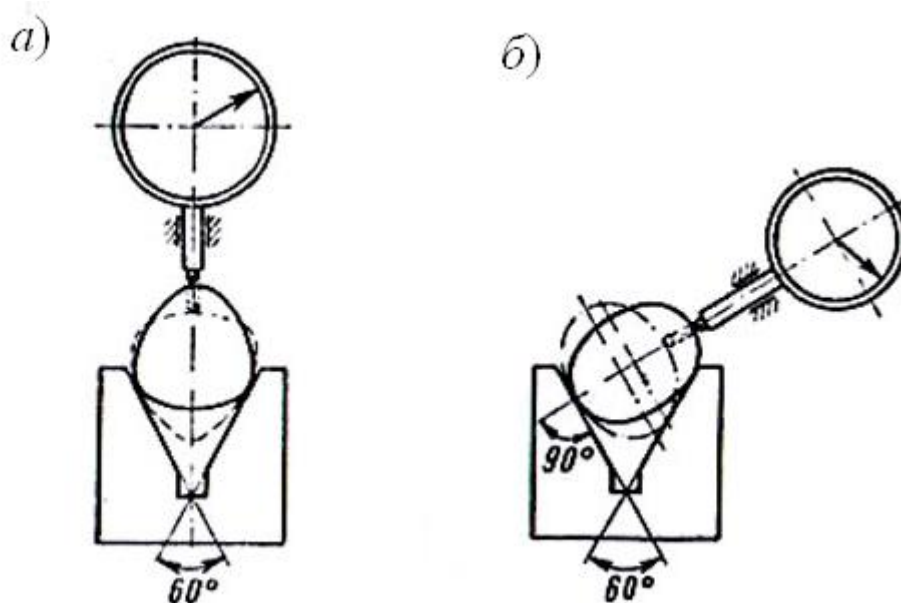


Рис. 19. Схемы измерений огранки (а) и овальности (б) при помощи призмы и отсчётной головки

- измерение по индикатору диаметра изделия в различных точках и вращении изделия, (для выявления огранки), установленного на призме (рис. 19, б);

- измерение при помощи кругломера, когда реальный профиль изделия сравнивается с траекторией точного вращения кругломера (рис. 20); возможны различные схемы измерения, когда вращается изделие, а измерительный преобразователь неподвижен, и наоборот (основное требование – точное центрирование изделия относительно оси шпинделя прибора); стоимость одного кругломера японской фирмы «Мицутойо» может достигать 28000 евро и выше [21];

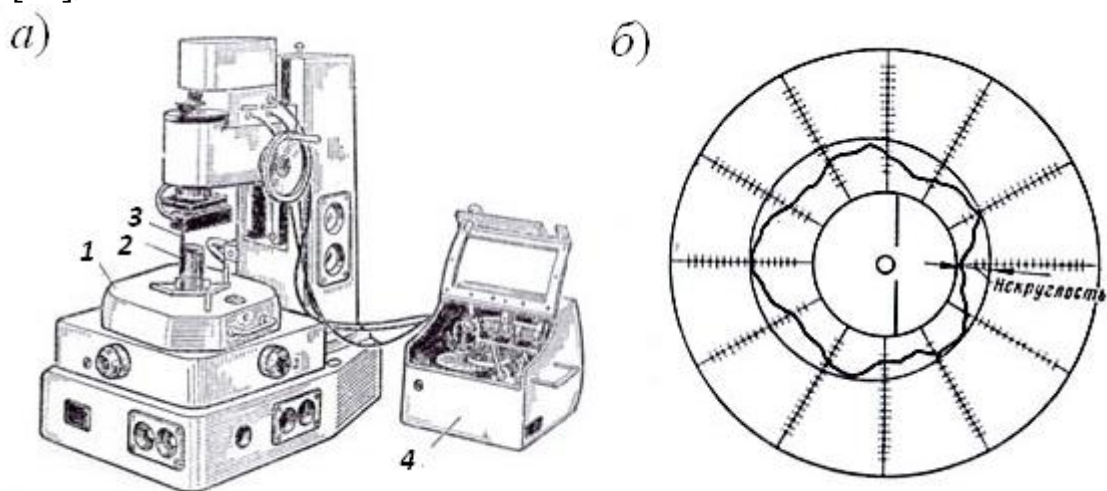


Рис.20. Общий вид кругломера (а) и круглограммы (б):
1 – измерительный стол; 2 – деталь; 3 – измерительный щуп; 4 – самписец

- измерение с помощью КИМ.

Оценка отклонения профиля продольного сечения выполняется измерением диаметра в нескольких поперечных сечениях вдоль изделия: в середине и вблизи от краёв нормируемого участка. Измерение производится с помощью различных измерительных средств: штангенциркуля, микрометра, индикаторной скобы и т.п.

Тема № 12. Отклонения взаимного расположения. Суммарные отклонения формы и расположения. Традиционные средства для измерения отклонений взаимного расположения поверхностей и суммарных отклонений

Напомним ряд основных определений [11].

Отклонение расположения – отклонение реального расположения рассматриваемого элемента от его номинального расположения.

Допуск расположения – предел, ограничивающий допускаемое значение отклонения расположения.

Обращаем внимание, что отклонение расположения относится не только к поверхностям, но и к другим геометрическим элементам.

Элемент – обобщённый термин, под которым в зависимости от существующих условий понимается:

- поверхность (часть поверхности, плоскость симметрии нескольких поверхностей);
- линия (профиль поверхности, линия пересечения двух поверхностей, ось поверхности или сечения);
- точка (точка пересечения поверхностей или линий, линии и поверхности, центр окружности или сферы).

Номинальное расположение – расположение рассматриваемого элемента, определяемое номинальными размерами между ним и базами, или между рассматриваемыми элементами, если базы не заданы.

База – элемент (или сочетание элементов), определяющий одну из плоскостей или осей системы координат, по отношению к которой задаётся допуск расположения или определяется отклонение расположения рассматриваемого элемента.

В общем виде условные обозначения таких отклонений на чертежах выглядят следующим образом:

X	Y
/Z	Z

где вместо X указывается условное графическое обозначение отклонения;
вместо Y указывается наибольшая допустимая величина отклонения (мм);
вместо Z указывается величина нормируемого участка (мм), если отклонение задаётся не на всём протяжении поверхности, а на отдельном её участке;

вместо W указывается буквенное обозначение измерительной базы (баз).

Любое отклонение взаимного расположения предполагает базу, относительно которой задаётся данное отклонение. Базу обозначают зачернённым треугольником, который соединяют с рамкой допуска (рис. 1, а), или, чаще всего, обозначают в отдельной рамке прописной буквой, с указанием той же буквы в третьем поле рамки допуска (рис. 1, б).

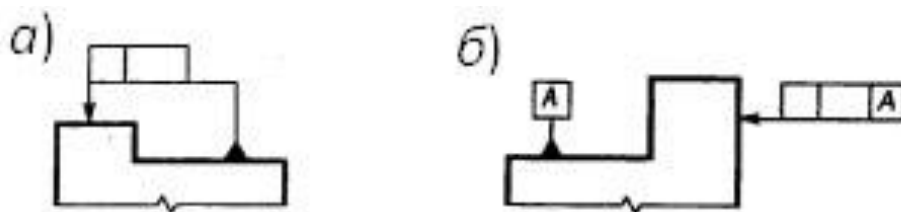


Рис. 1. Примеры обозначения баз на чертежах

Если базой является поверхность или профиль, то основание зачернённого треугольника не должно лежать на продолжении размерной линии (рис. 2, а).

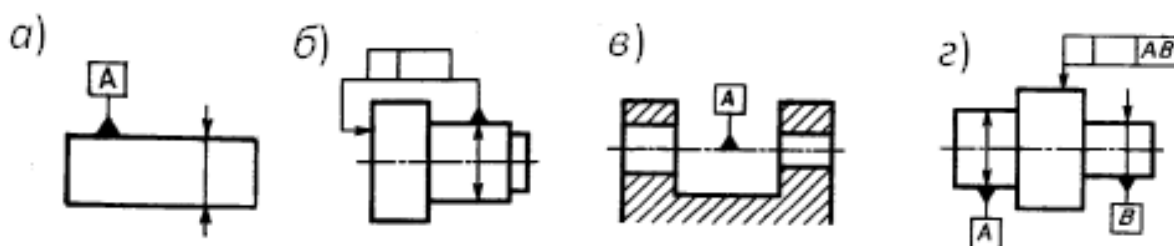
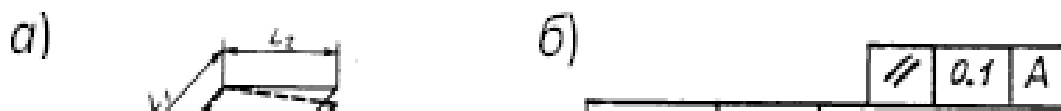


Рис. 2. Примеры обозначения баз на чертежах

Если же базой является ось или плоскость симметрии, треугольник должен располагаться в конце размерной линии соответствующего размера элемента (рис.2, б). Если базой является общая ось или плоскость симметрии для нескольких элементов, то треугольник располагают на общей оси (рис. 2, в), или на каждом из элементов (рис.2, г).

Отклонения расположения

1. Отклонение от параллельности плоскостей(Δ), или оси и плоскости, или двух осей – разность наибольшего и наименьшего расстояний между



элементами детали в пределах нормируемого участка (рис.3, *а*). Пример обозначения приведён на рис.3, *б*.

Рис. 3. Эскиз отклонения от параллельности плоскостей (*а*)
и пример обозначения на чертеже (*б*)

2. Отклонение (Δ) от перпендикулярности плоскостей, или плоскости и оси, или двух осей – отклонение угла между элементами детали от прямого угла, выраженное в линейных единицах на длине нормируемого участка (рис. 4, *а*).

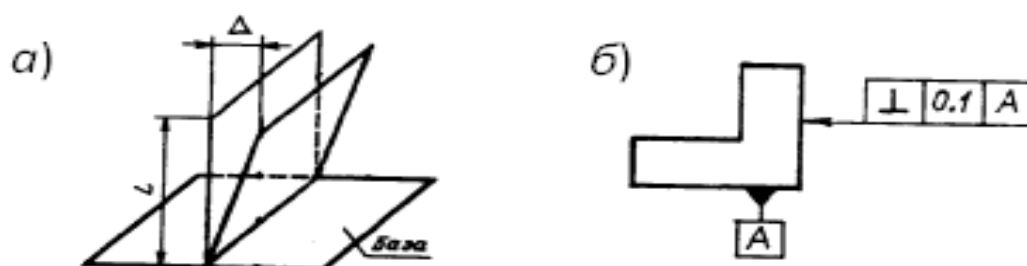


Рис. 4. Эскиз отклонения от перпендикулярности плоскостей (*а*)
и пример обозначения на чертеже (*б*)

Пример обозначения приведён на рис. 4, *б*.

3. Отклонение (Δ) наклона элемента относительно базового элемента – отклонение угла между элементами детали от номинального угла, выраженное в линейных единицах на длине нормируемого участка (рис. 5, а).

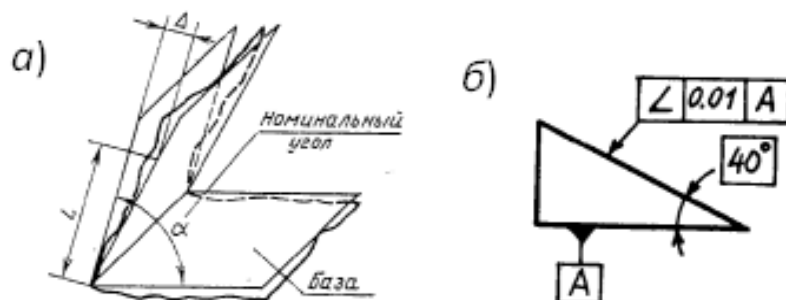


Рис. 5. Эскиз отклонения наклона плоскости относительно плоскости (а) и пример обозначения на чертеже (б)

Угловые размеры, определяющие номинальное расположение рассматриваемых элементов относительно баз или между рассматриваемыми элементами указывают на чертежах без предельных отклонений и заключают в прямоугольные рамки. Пример обозначения приведён на рис. 5, б.

4. Отклонение (Δ) от соосности относительно оси базовой поверхности – наибольшее расстояние между осью рассматриваемой поверхности вращения и осью базовой поверхности на длине нормируемого участка (рис. 6, а).

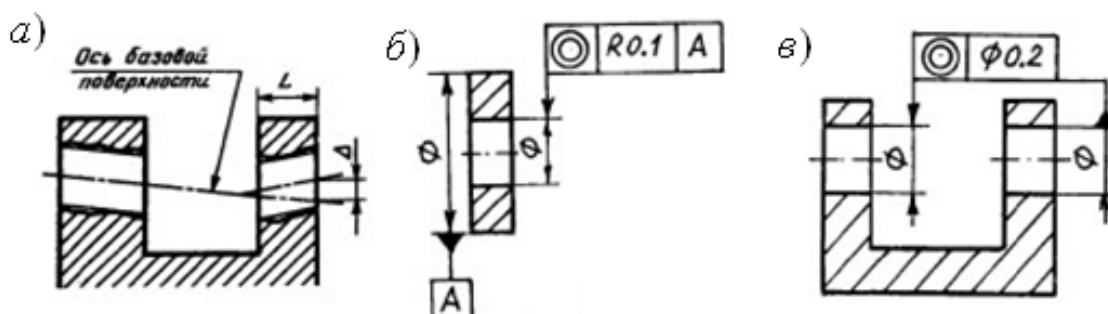


Рис. 6. Эскиз отклонения от соосности (а) и примеры обозначений на чертеже (б, в)

Допуск соосности может задаваться в диаметральном (предпочтительно) и радиусном выражении. Диаметральное выражение есть удвоенное наибольшее допускаемое значение отклонения от соосности, и обозначается знаком $\varnothing$. Радиусное выражение равно половине диаметального, и обозначается знаком R.

В ранее выпущенной документации встречается устаревшее графическое обозначение отклонения от соосности в радиусном выражении: .Примеры обозначений приведены на рис. 6, б, в.

5. Отклонение (Δ) от симметричности относительно базового элемента – наибольшее расстояние между плоскостью симметрии (оси) рассматриваемого элемента и плоскостью симметрии базового элемента в пределах нормируемого участка (рис. 7, а).



Рис. 7. Эскизы отклонения от симметричности (а) и примеры обозначений на чертеже (б)

Допуск симметричности может задаваться в диаметральном (предпочтительно) и радиусном выражении. Диаметральное выражение есть удвоенное наибольшее допускаемое значение отклонения от симметричности. Оно обозначается знаком $\varnothing$ (для поверхностей вращения) или T (для остальных поверхностей).

Радиусное выражение равно половине диаметального. Оно обозначается знаком R (для поверхностей вращения) или $T/2$ (для остальных поверхностей).

В ранее выпущенной документации встречается устаревшее графическое обозначение отклонения от симметричности в радиусном выражении. Примеры обозначений приведены на рис. 7, б.

6. Позиционное отклонение (Δ) – наибольшее расстояние между реальным расположением элемента (его центра, оси или плоскости симметрии) и его номинальным расположением в пределах нормируемого участка (рис. 8, а).

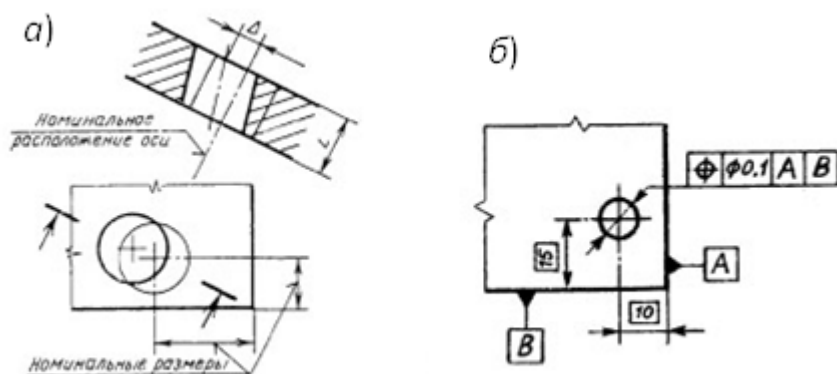


Рис. 8. Эскиз позиционного отклонения (а) и пример обозначения на чертеже (б)

Позиционный допуск может задаваться в диаметральном (предпочтительно) и радиусном выражении. Диаметральное выражение есть удвоенное наибольшее допускаемое значение позиционного отклонения элемента, и обозначается знаком $\varnothing$. Радиусное выражение равно половине диаметального, и обозначается знаком R .

В ранее выпущенной документации встречается устаревшее графическое обозначение позиционного отклонения в радиусном выражении.

Линейные размеры, определяющие номинальное расположение рассматриваемых элементов относительно баз или между рассматриваемыми элементами указывают на чертежах без предельных отклонений и заключают в прямоугольные рамки. Пример обозначения приведён на рис. 8, б.

7. Отклонение (Δ) от пересечения осей – наименьшее расстояние между осями, номинально пересекающимися (рис. 9, а).

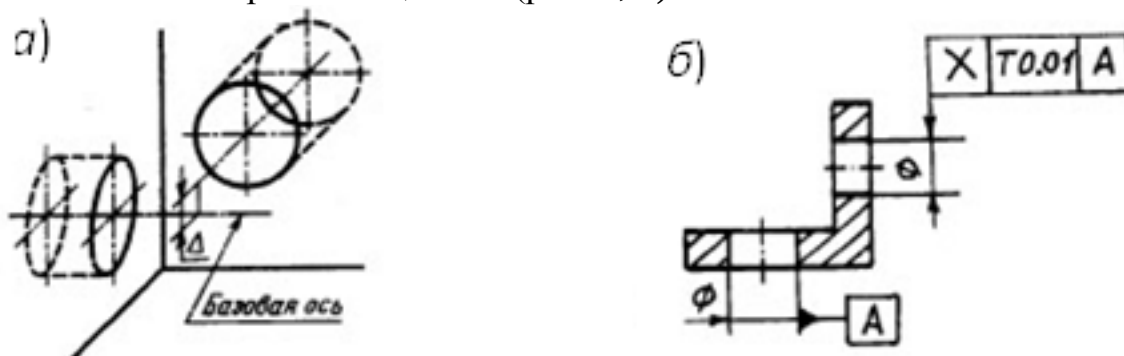


Рис. 9. Эскиз отклонения от пересечения осей (а) и пример обозначения на чертеже (б)

Допуск пересечения осей может задаваться в диаметральном (предпочтительно) и радиусном выражении. Диаметральное выражение есть удвоенное наибольшее допускаемое значение отклонения от пересечения осей, и обозначается знаком T . Радиусное выражение равно половине диаметального, и обозначается знаком $T/2$.

Примеры обозначений приведены на рис. 9, б.

Традиционные средства измерения и контроля отклонений расположения

Методы оценки отклонения от параллельности:

а) для двух плоскостей:

- контроль штангенциркулем, установленным на размер (рис. 10), или шаблонами для линейных размеров;

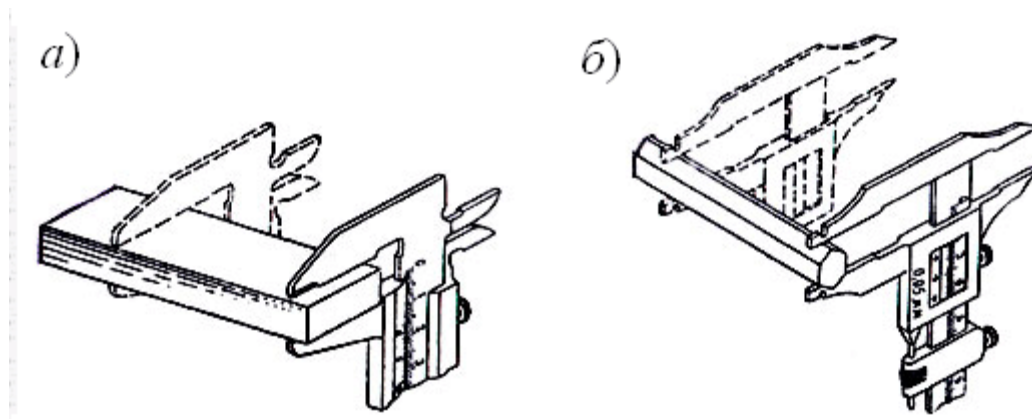


Рис. 10. Контроль отклонения от параллельности граней (а) и рёбер (б) с помощью штангенциркуля, установленного на размер

- измерение (в зависимости от точности) штангенциркулем или с применением индикаторной головки и поверочной плиты (рис. 11).

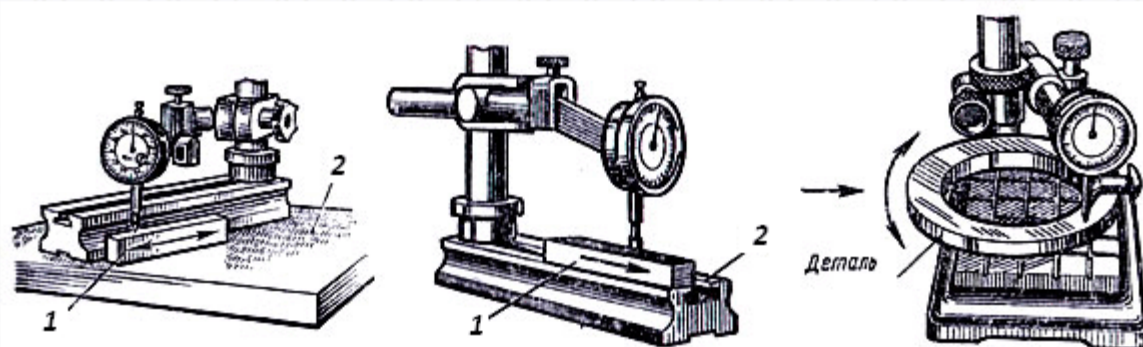


Рис. 11. Измерение отклонения от параллельности с помощью индикаторной головки и поверочной плиты 1 (основания стойки, штатива)

- измерение с помощью специальных приспособлений с индикаторным устройством (рис. 12, 13).

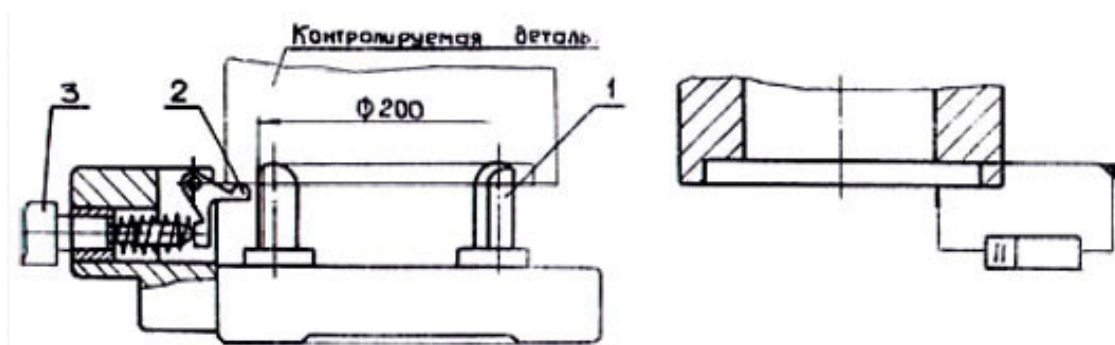


Рис. 12. Измерение отклонения от параллельности торцов крупногабаритных деталей с помощью специального приспособления, разработанного на Новосибирском приборостроительном заводе [20]:

1 – три опоры с вершинами в плоскости базового торца;

2 – рычаг, постоянно контактирующий со вторым торцом во время поворота детали; 3 – индикаторное устройство с ценой деления 0,001 мм

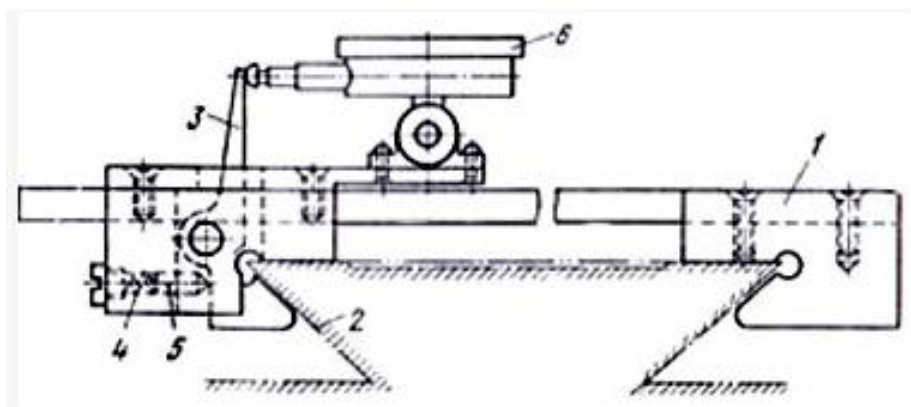


Рис. 13. Измерение отклонения от параллельности сторон паза типа «ласточкин хвост»: 1 – основание; 2 – проверяемая деталь; 3 – рычаг; 4 – пружина; 5 – штифт; 6 – индикатор

б) для плоскости и оси отверстия (или плоскости и наружной поверхности вращения):

- контроль штангенциркулем, установленным на размер, или специальными комплексными калибрами (рис. 14);

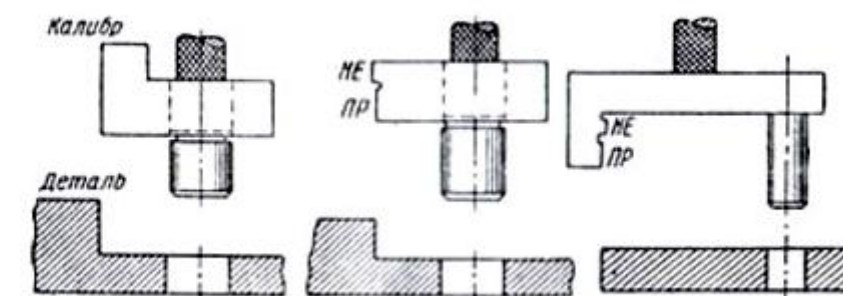


Рис. 14. Контроль отклонения от параллельности отверстия и плоскости с помощью специальных комплексных калибров

- измерение (в зависимости от точности) штангенциркулем или с помощью индикаторной головки, оправки и поверочной плиты.

в) для осей отверстий (или осей наружных поверхностей вращения):

- контроль штангенциркулем, установленным на размер, или специальными комплексными калибрами (рис. 15);

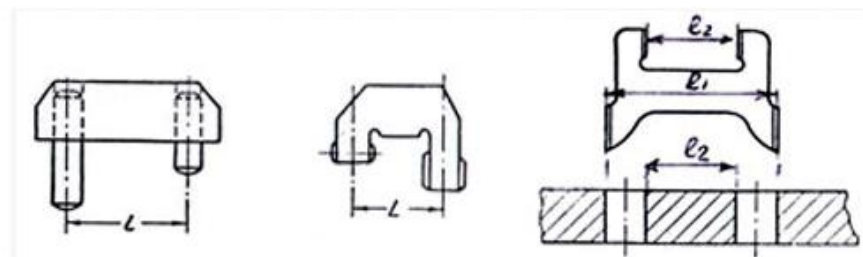


Рис. 15. Контроль отклонения от параллельности осей отверстий с помощью специальных комплексных калибров

- измерение (в зависимости от точности) штангенциркулем или с помощью индикаторной головки, призм и оправок.

Методы оценки отклонения от перпендикулярности:

а) для плоскостей:

- контроль с помощью угольника и системы щупов (рис. 16, а);

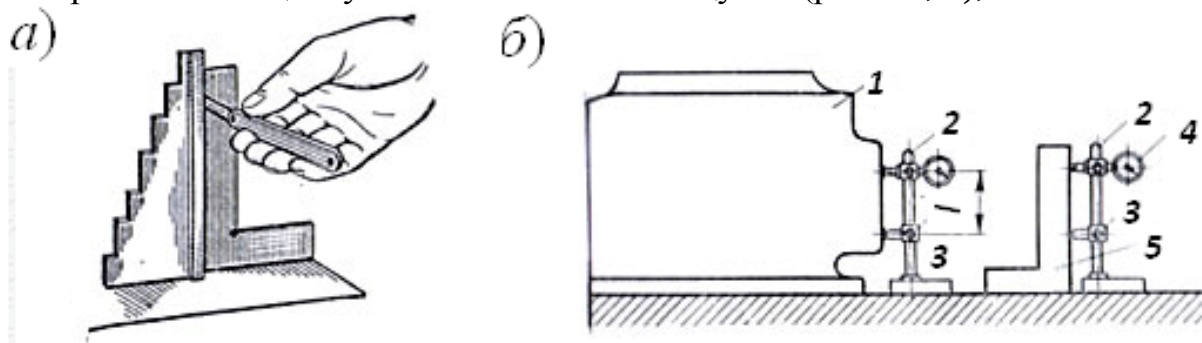


Рис. 16. Примеры контроля (а) и измерения (б) отклонения от перпендикулярности плоскостей:

1 – проверяемое изделие; 2 – стойка; 3 – упор; 4 – индикаторная головка;
5 – эталонный угольник

- измерение (в зависимости от точности) угломером или с помощью индикаторной головки, стойки и поверочной плиты (рис. 16, б).

б) для плоскости и оси отверстия (или плоскости и наружной поверхности вращения):

- контроль специальными комплексными калибрами;
- измерение с помощью индикаторной головки, упора и призмы (рис. 17, а).

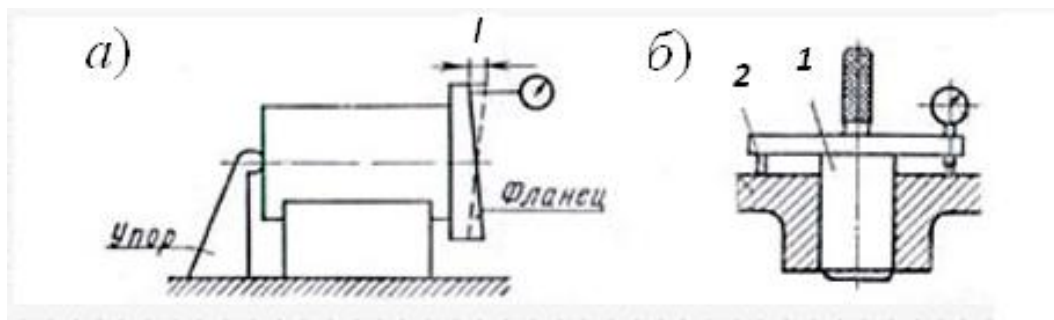


Рис. 17. Примеры измерений отклонения от перпендикулярности:
 а) торца и наружной поверхности вращения; б) торца и оси отверстия:
 1 – оправка с фланцем, 2 – упор

•измерение с помощью оправки, измерительной головки и упора (рис. 17, б).

в) для осей отверстий (или осей наружных поверхностей вращения):
 •контроль специальными комплексными калибрами (рис. 18, а);

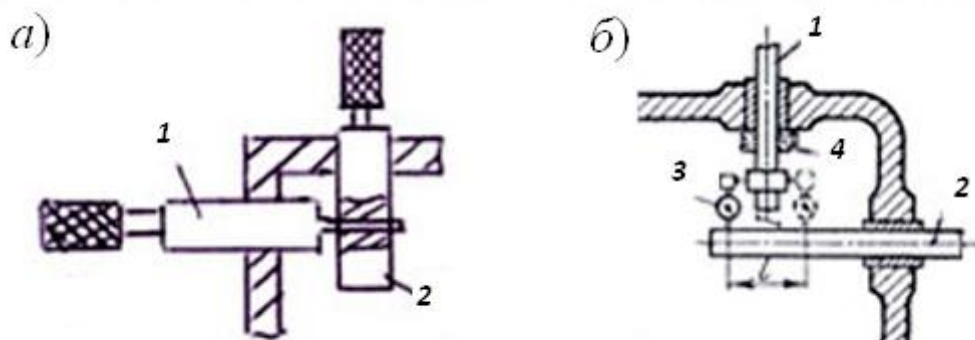


Рис. 18. Примеры контроля (а) и измерения (б) отклонения от перпендикулярности отверстий:
 1, 2 – оправки; 3 – индикатор; 4 – кольцо-фиксатор оправки 1

•измерение с помощью индикаторной головки и оправок (рис. 18, б).

Методы оценки отклонения наклона плоскостей:

- контроль с помощью жёстких угловых шаблонов;
- измерение с помощью универсальных угломерных устройств.

Методы оценки отклонения от соосности отверстий (или наружных поверхностей вращения):

- контроль специальными комплексными калибрами (рис. 19);

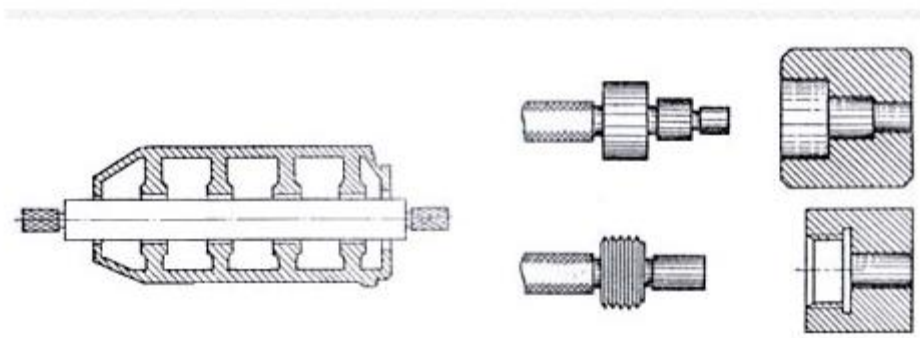


Рис. 19. Примеры контроля соосности отверстий специальными калибрами

•измерение с помощью измерительных головок и приспособлений (рис. 20, 21).

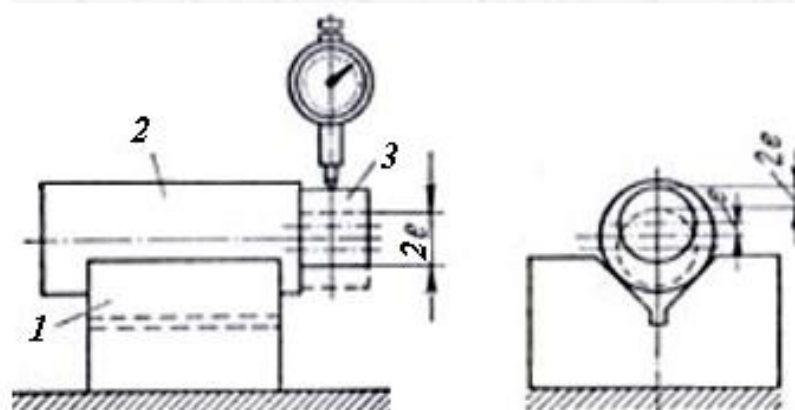


Рис. 20. Измерение отклонения от соосности наружных цилиндров:
1 – призма; 2, 3 – соосные наружные цилиндры

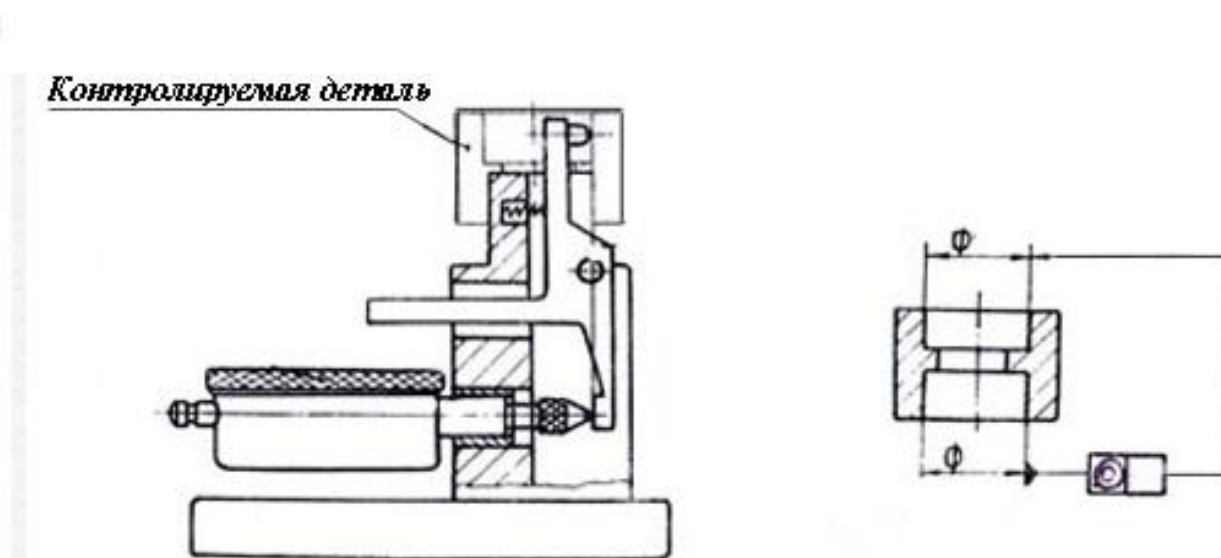


Рис. 21. Измерение отклонения от соосности отверстий с помощью специального приспособления, разработанного на Новосибирском приборостроительном заводе [20]

Методы оценки отклонения от симметричности:

- контроль специальными комплексными калибрами (рис.22);

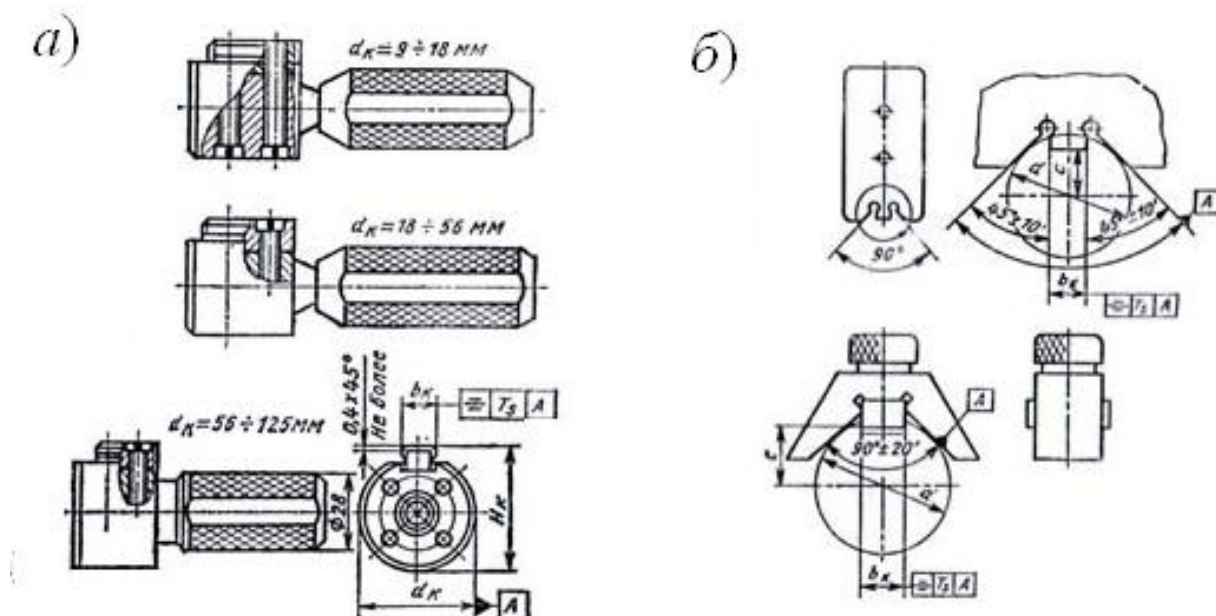


Рис. 22. Примеры комплексных калибров для контроля отклонения от симметричности шпоночных пазов в отверстиях и на валах: калибры-пробки (а) и калибры-призмы (б)

- измерение с помощью штангенциркуля, или измерительных головок и специальных приспособлений (рис.23).

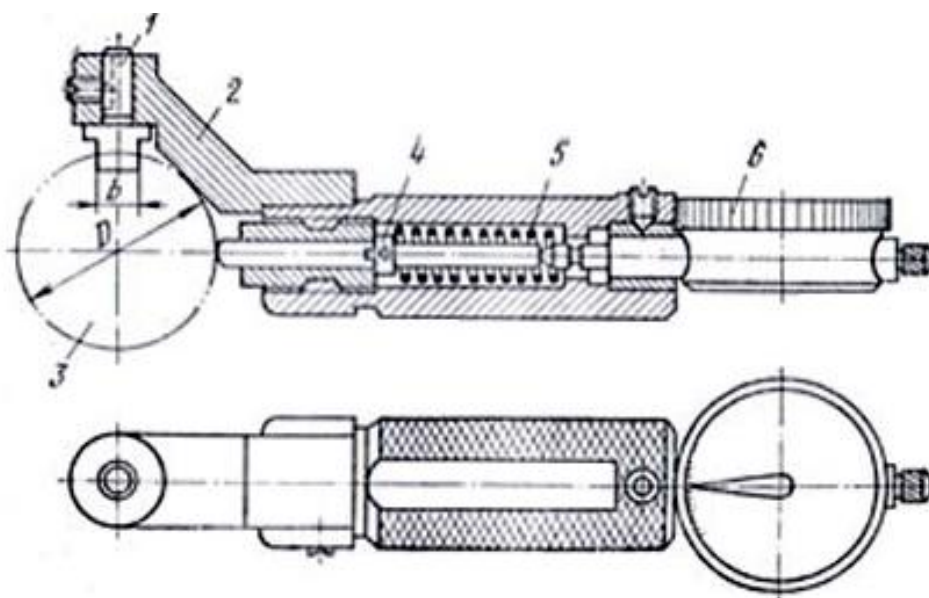


Рис. 23. Специальное индикаторное приспособление для измерения отклонения от симметричности паза относительно оси:

1 – вкладыш; 2 – корпус; 3 – проверяемая деталь; 4 – наконечник; 5 – пружина; 6 – индикатор

Суммарные отклонения формы и взаимного расположения

Суммарное отклонение формы и расположения[11] – отклонение, являющееся результатом совместного проявления отклонения формы и отклонения расположения рассматриваемой поверхности (или профиля) относительно заданных баз.

Различают следующие отклонения формы и взаимного расположения.

1. Радиальное биение (Δ) – разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения до базовой оси в сечении плоскостью, перпендикулярной базовой оси (рис. 24, а).

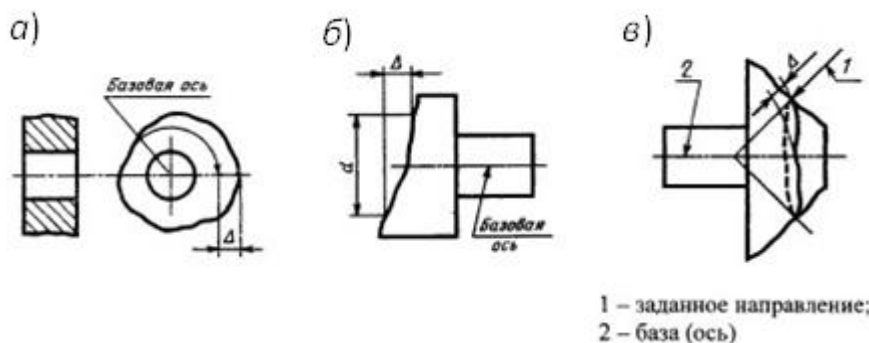


Рис. 24. Эскизы биений радиального (а), торцового (б) и в заданном направлении (в)

Данное отклонение есть результат отклонения от круглости и отклонения центра сечения от базовой оси.

2. Торцовое биение (Δ) – разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля торцевой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси (рис. 24, б). Данное отклонение есть результат отклонения от плоскостности торца, в точках измерения, и отклонения от перпендикулярности торца относительно базовой поверхности.

3. Биение (Δ) в заданном направлении – разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения в сечении рассматриваемой поверхности конусом, ось которого совпадает с базовой осью, а образующая имеет заданное направление, до вершины этого конуса (рис. 24, в).

Обозначения торцового и радиального биений, а также биения в заданном направлении, одинаковы и различаются местоуказанием (рис.25).

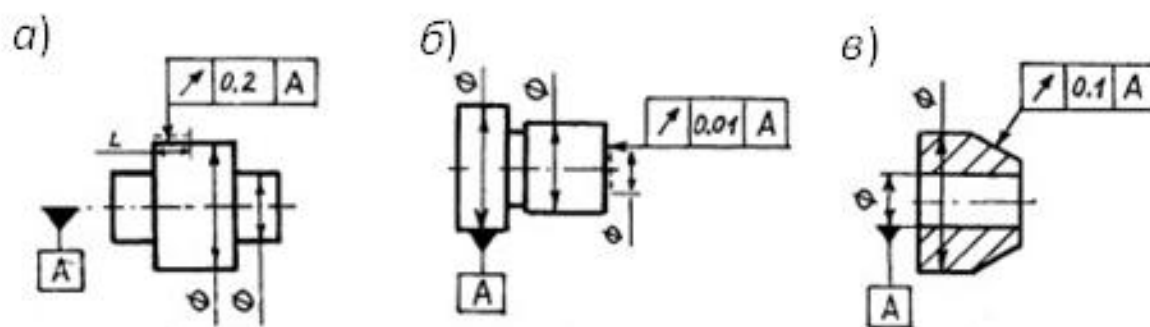


Рис. 25. Примеры обозначений биений на чертежах: радиального (а), торцового (б) и в заданном направлении (в)

4. Полное радиальное биение (Δ) – разность наибольшего и наименьшего расстояний от всех точек реальной поверхности в пределах нормируемого участка до базовой оси (рис. 26, а).

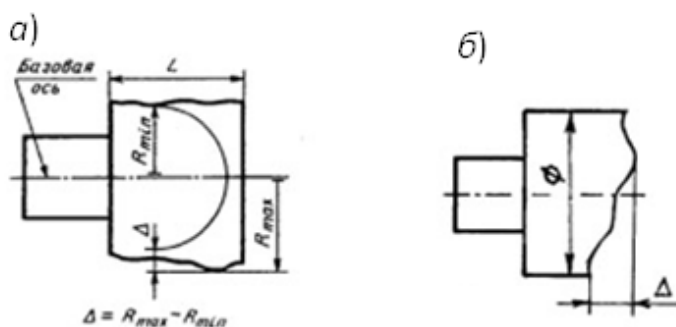


Рис. 26. Эскизы полного радиального (а) и полного торцового (б) биений

Полное радиальное биение относится только к поверхностям с номинальной цилиндрической формой и является результатом отклонения от цилиндричности и отклонения от соосности.

5. Полное торцовое биение (Δ) – разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек всей торцовой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси (рис. 26, б).

Полное торцовое биение относится только к торцовым поверхностям с номинальной плоской формой и является результатом отклонения от плоскостности и от перпендикулярности.

Обозначения полного торцового и полного радиального биений одинаковы и различаются местоуказанием (рис. 27).

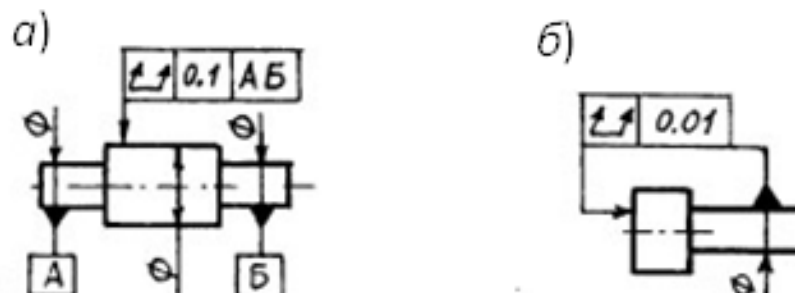


Рис. 27. Примеры обозначений биений на чертежах: полного радиального (а) и полного торцового (б)

6. Отклонение (Δ) формы заданного профиля – наибольшее отклонение точек реального профиля от номинального профиля, определяемое по нормали к номинальному профилю в пределах нормируемого участка (рис. 28, а), является результатом отклонений размеров и формы профиля, а также отклонений расположения его относительно заданных баз.



Рис. 28. Эскиз отклонения формы заданного профиля и пример обозначения на чертеже

Допуск формы заданного профиля может задаваться в диаметральном (предпочтительно) и радиусном выражении.

Диаметральное выражение есть удвоенное наибольшее допускаемое значение отклонения формы заданного профиля, и обозначается знаком T .

Радиусное выражение равно половине диаметрального, и обозначается знаком $T/2$.

Линейные размеры, определяющие номинальное расположение рассматриваемых элементов относительно баз или между рассматриваемыми элементами указывают на чертежах без предельных отклонений и заключают в прямоугольные рамки. Пример обозначения приведён на рис. 28, б.

7. Отклонение (Δ) формы заданной поверхности – наибольшее отклонение точек реальной поверхности от номинальной поверхности, определяемое по нормали к номинальной поверхности в пределах нормируемого участка (рис. 29, а), является результатом отклонений размеров и формы поверхности, а также отклонений расположения её относительно заданных баз.

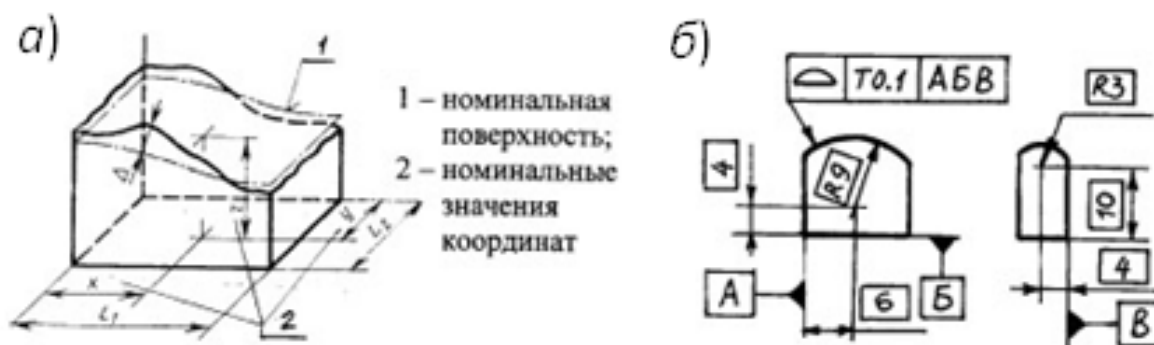


Рис. 29. Эскиз отклонения формы заданной поверхности и пример обозначения на чертеже

Допуск формы заданной поверхности может задаваться в диаметральном (предпочтительно) и радиусном выражении.

Диаметральное выражение есть удвоенное наибольшее допускаемое значение отклонения формы заданной поверхности, и обозначается T .

Радиусное выражение равно половине диаметрального, и обозначается знаком $T/2$.

Линейные размеры, определяющие номинальное расположение рассматриваемых элементов относительно баз или между рассматриваемыми элементами указывают на чертежах без предельных отклонений и заключают в прямоугольные рамки.

Пример обозначения приведён на рис. 29, б.

8. Суммарные отклонения формы и расположения поверхностей, для которых не установлены отдельные графические символы, обозначают знаками составных отклонений. Сначала идёт знак отклонения расположения, затем – знак отклонения формы (рис. 30).

Например, знак суммарного отклонения параллельности и плоскостности (рис. 30, а); знак суммарного отклонения перпендикулярности и плоскостности (рис. 30, б); знак суммарного отклонения наклона и плоскостности (рис. 30, в).

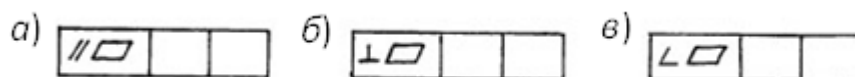


Рис. 30. Примеры обозначений составных отклонений

Традиционные средства измерения суммарных отклонений

Оценка биений (торцового, радиального и в заданном направлении) выполняется только измерением с помощью индикаторных устройств и дополнительных приспособлений (рис. 31).

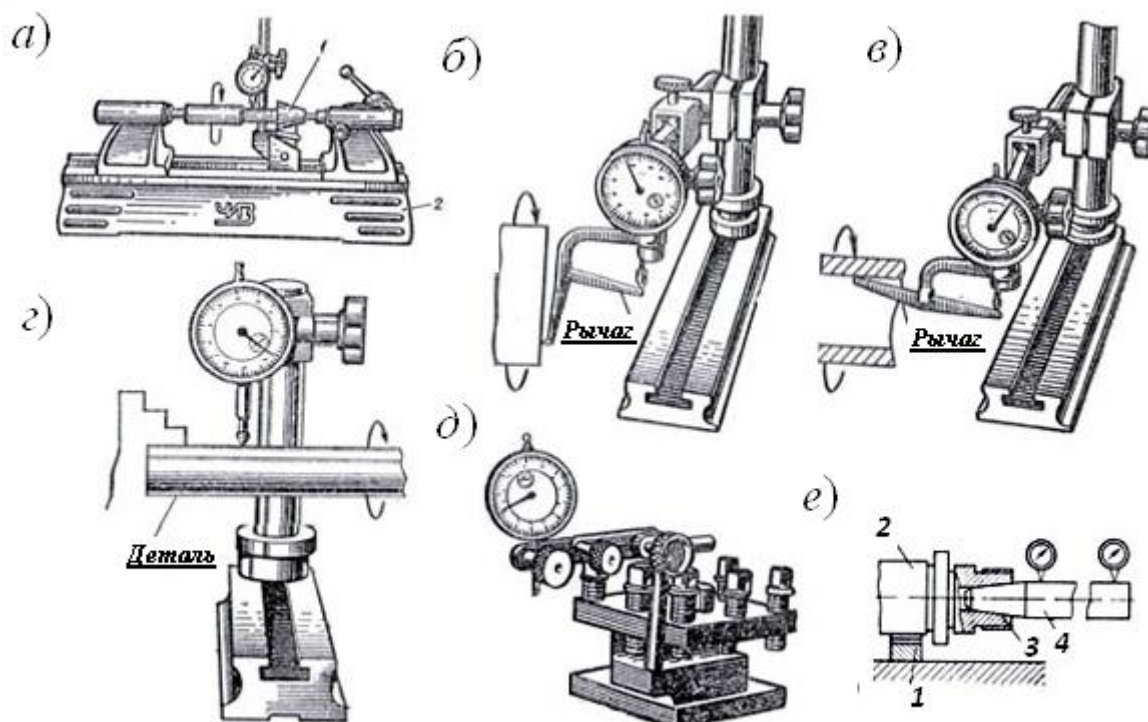


Рис. 31. Примеры измерения отклонений с помощью индикаторных устройств и дополнительных приспособлений:

а) радиального биения наружного цилиндра на биенимере; б) радиального биения отверстия прямым рычагом; в) торцового биения угловым рычагом; г), д) радиальное биение вала на токарном станке с установкой на штативе и направляющих станка или в резцедержателе; е) радиальное биение конического отверстия (1 – призма; 2 – база; 3 – проверяемое коническое отверстие; 4 – оправка)

Оценка отклонения формы заданного профиля выполняется профильными шаблонами.

Оценка отклонения формы заданной поверхности выполняется комплектом профильных шаблонов в разных сечениях.

Совершенствование контроля и измерения параметров точности изделий

Увеличение производительности измерения и контроля взаимного расположения поверхностей изделия предполагает создание и использование

соответствующих комплексных и комбинированных приспособлений. Введение в приспособления электрических щупов взамен механических калибров и индикаторов позволяет оценивать результаты измерений всех элементов одновременно по световым сигналам.

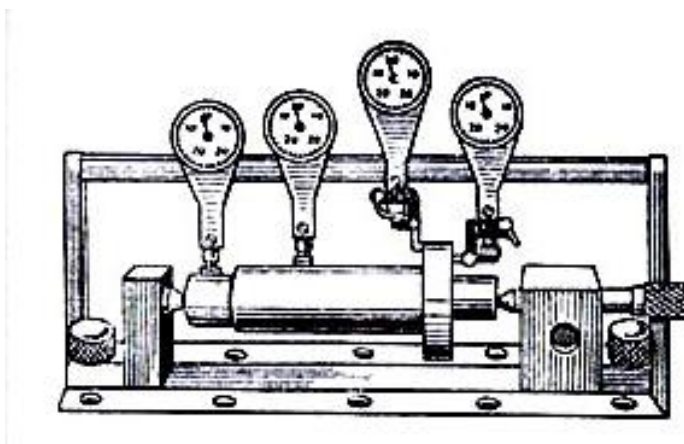


Рис. 32. Общий вид комплексного приспособления для измерения радиальных и торцовых биений

Контрольные вопросы и задания для самостоятельной работы

1. Посмотрите на рис. 1.23.1, б. Можно ли использовать данный образец для определения шероховатости торца валика? Почему?
2. Посмотрите на рис. 1.23.3, б. Прибор показан во время измерения шероховатости или он не включен? Ответ пояснить.
3. Посмотрите на рис. 1.23.5, б. Рассчитайте с помощью линейки величину шероховатости по шкале R_z для длины волны белого света равной 0,6 мкм.
4. Посмотрите на рис. 1.23.6, а. Какой размер показывает штангенциркуль? Можно ли использовать данный инструмент для измерения диаметра отверстия? Ответ пояснить.
5. Посмотрите на рис. 1.23.9, а. Можно ли с помощью данного штангенциркуля измерить межцентровое расстояние, если диаметры отверстий равны, соответственно: а) 3 мм и 1,5 мм? б) 4 мм и 3 мм? в) 2,8 мм и 2,8 мм, причём ближайшее расстояние между отверстиями (размер А) составляет 1 мм? Ответы пояснить.
6. Посмотрите на рис. 1.23.11. Можно ли применить данный инструмент для измерения размеров « » и « », если ширина канавки равна 5 мм? Почему?
7. Посмотрите на рис. 1.23.16, а. Какой диаметр измеряет микрометр? Варианты ответов: а) средний, б) внутренний, в) наружный.
8. Посмотрите на рис. 1.23.21, а. Какие ограничения есть у данного устройства? Можно ли их расширить?
9. В чём разница между нормальными и предельными калибрами?
10. Посмотрите на рис. 1.23.32, а. Что можно сказать о детали в результате контроля диаметра? Она годная или бракованная?
11. Почему проходные калибры изнашиваются сильнее, чем непроходные?

12. Почему длину рабочих поверхностей непроходных калибров делают меньше, чем у проходных?

13. Посмотрите на рис. 1.23.39, д. Что можно сказать о ширине паза в результате контроля калибром?

14. Посмотрите на рис. 1.23.42, а. Сколько контролируемых деталей изображено на рисунке?

15. Посмотрите на рис. 1.23.50. Почему штангенциркуль с измерительной шкалой выступает в данном случае в роли калибра?

16. Посмотрите на рис. 1.23.60. Пусть отклонение стрелки индикатора составило 0,4 мм. Чему равно расстояние между осями цилиндров 2 и 3?

17. Посмотрите на рис. 1.23.65. Что является измерительной базой в ходе измерений радиальных и торцовых биений?

Библиографический список

1. Берков, В.И. Технические измерения (альбом)/ В.И. Берков. – М.: «Высшая школа», 1977.

2. Белкин, И.М. Средства линейно-угловых измерений: справочник/ И.М. Белкин. – М.: Машиностроение, 1987.

3. Городецкий, Ю.Г. Конструкции и эксплуатация средств измерения размеров в машиностроении/ Ю.Г. Городецкий. – М.: Машгиз, 1951.

4. Дунин-Барковский, И.В., Измерения и анализ шероховатости, волнистости и некруглости поверхности/ И.В. Дунин-Барковский, А.Н. Карташова.– М.: Машиностроение, 1978.

5. Журавлёв, А.Н. Допуски и технические измерения/ А.Н. Журавлёв. – М.: «Высшая школа», 1976.

6. Лесохин, А.Ф. Допуски и технические измерения/ А.Ф. Лесохин. – М.: Машгиз, 1951.

7. Малов, А.Н., Обработка деталей оптических приборов/ А.Н. Малов, В.П. Законников. – М.: «Машиностроение», 1976.

8. Марков, А.Л. Краткий справочник контрольного мастера машиностроительного завода/ А.Л. Марков, Ф.П. Волосевич. – Л.: «Машиностроение», 1973.

9. Ознобишин, Н.С. Технический контроль в механических цехах/ Н.С. Ознобишин. – М.: «Высшая школа», 1974.

10. Палей, М.А. Отклонения формы и расположения поверхностей/ М.А. Палей. – М.: Изд. стандартов, 1965.

11. Справочник по производственному контролю в машиностроении/ Под общ.ред. А.К. Кутая. – М.-Л.: Машгиз, 1964.

12. Шеметов, М.Г. Метрологическое обеспечение токарных работ: справочник/ М.Г. Шеметов, В.Г. Моисеев. – М.: Машиностроение, 1989.

13. Медянцева, Л.Л. Контроль прямолинейности и плоскостности поверхностей/ Л.Л. Медянцева, В.В. Горбачёва, Е.Е. Шарова– М.: Изд. стандартов, 1972.

14. Точность и производственный контроль в машиностроении: справочник/ Под общ.ред. А.К. Кутая, Б.М. Сорочкина. – Л.: Машиностроение, 1983.
15. Тяжелов, С.С. Оптические измерения. Определение конструктивных элементов оптических систем/ С.С. Тяжелов. – Л.-М.: Гос. изд. оборонпром, 1939.
16. Барун, В.А. Микрогеометрия обработанной металлической поверхности и её измерения/ В.А. Барун. – М.-Л.: Машгиз, 1948.
17. Минчин, С.Н. Измерительный инструмент и техника измерений/ С.Н. Минчин, А.Е. Шац. – М.: Оборонгиз, 1957.
18. Голубовский, М.Г. Метод слепков для контроля чистоты поверхностей/ М.Г. Голубовский. – Л.: ЛДНТП, №46, 1952.
19. Валетов, В.А. Оптимизация микрогеометрии поверхностей деталей в приборостроении: учебное пособие/ В.А. Валетов. – Л.: ЛИТМО, 1989.
20. Каталог средств контроля, применяемых для измерения линейных и угловых размеров на приборостроительном заводе им. Ленина. – ОГТ НПЗ, 1975.
21. Проспекты научно-производственной фирмы «Уран». Высокоточные приборы и оборудование. Разработка, производство, сервис. 2004-2005.

РАЗДЕЛ 4. ТОЧНОСТЬ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРИБОРОВ

Обеспечение точности обработки на металлорежущих станках. Краткая характеристика основных погрешностей обработки. Оформление контрольных операций на картах технического контроля. Способы обеспечения точности при сборке

Тема № 13. **Обеспечение точности обработки на металлорежущих станках. Краткая характеристика основных погрешностей обработки** **Способы обеспечения точности при сборке**

Методы достижения точности на станках

Обработка резанием, как отмечалось ранее, широко применяется в приборостроении, как один из основных методов формообразования изделий. В связи с этим, точность получаемых изделий, во многом, зависит от точности обработки на металлорежущих станках.

Различают, в общем случае, три метода достижения точности на станках:

- 1) метод пробных проходов и промеров;
- 2) метод автоматического достижения точности на предварительно настроенных станках;
- 3) метод автоматической подналадки.

Первый метод заключается в последовательном приближении заготовки к изделию, путём «ручной» подачи инструмента.

После снятия очередного слоя материала за один ход («проход») режущего инструмента, производится измерение («промер») обработанной поверхности. По результатам измерения устанавливается величина снятия следующего слоя материала заготовки. После обработки вновь выполняется измерение, и т.д., пока не будут достигнуты характеристики изделия, согласно чертежу.

Метод пробных проходов и промеров экономичен в условиях единичного и мелкосерийного производства. Он применяется на токарных и фрезерных станках, а на шлифовальных станках может применяться даже в среднесерийном производстве, в связи с быстрым износом и «потерей размера» шлифовальных кругов.

Недостатками метода являются низкая производительность обработки и необходимость высокой квалификации станочника.

Достоинствами следует считать возможность точной обработки на неточных станках из неточных заготовок, исключение влияния износа инструмента на размер изделия, а также отсутствие необходимости в специальной и дорогой оснастке.

Второй метод заключается в предварительной настройке станка на автоматическое достижение точности, с минимальным вмешательством станочника в обработку. Тем самым задача обеспечения точности

перекладывается на специалистов, занятых технологией (технолога) и подготовкой станка к работе (инструментальщика и наладчика).

Главным недостатком метода является значительная трудоёмкость подготовки производства.

Достоинствами следует считать высокую производительность и получение высокой точности при невысокой квалификации станочника.

Третий метод самый прогрессивный, и предполагает достижение точности с использованием подналадчиков. В технологическую систему встраивают измерительное и регулирующее устройство, которое является подналадчиком. Изготавливаемые детали по окончании процесса обработки измеряют, и в случае выхода выдерживаемого размера из поля допуска система автоматически настраивается, т.е. корректируется, чтобы снова получать необходимые точностные характеристики. Такую систему используют, когда совершается один рабочий ход (например, растачивание). Если же заготовка обрабатывается за несколько рабочих ходов, то ее измеряют в процессе обработки. По достижении заданного размера система отключается автоматически. Этот способ позволяет повысить точность и производительность при наименьшем воздействии субъективных факторов. Способ находит свое развитие при создании самонастраивающихся (адаптивных) и самооптимизирующихся систем.

При выборе способа обеспечения заданного размера следует особо учитывать производимые затраты.

Поскольку условия производства различны, то и точность обработки принимает различные значения, в определённых пределах.

Этими пределами можно считать экономическую и предельно-достижимую точность, знание которых необходимо для анализа возможностей производства.

- Экономическая точность – это точность, достигаемая в нормальных, типовых производственных условиях при наименьшей себестоимости.

- Предельно-достижимая точность – это точность, которую можно достичь в особых, наиболее благоприятных условиях рабочими высокой квалификации, при значительных затратах времени, не считаясь с себестоимостью.

В любом случае, существует множество факторов, которые влияют на точность обработки, принося те или иные погрешности в общую суммарную величину. Зная эти факторы и порождаемые ими погрешности, можно влиять на точность обработки.

Краткая характеристика основных погрешностей обработки

Различают следующие основные элементарные погрешности обработки, входящие в состав суммарной погрешности:

- погрешность установки заготовки в станочное приспособление;
- погрешность, вызванная упругими деформациями системы «станок-приспособление – инструмент-заготовка» (СПИЗ);
- погрешность наладки системы СПИЗ на исполнительный размер изделия;

- геометрические погрешности станка;
- размерный износ режущего инструмента;
- погрешность измерения;
- остаточные внутренние напряжения;
- температурные погрешности системы СПИЗ.

Рассмотрим каждую из перечисленных погрешностей подробнее.

Погрешность установки заготовки в станочное приспособление составляет 20–30% от суммарной погрешности обработки. Основную её часть (около 60%) составляет погрешность базирования.

Погрешность, вызванная упругими деформациями системы СПИЗ, может достигать 30% суммарной погрешности.

Различают деформации двух видов:

- деформации отдельных элементов системы СПИЗ, величины которых рассчитываются в теории сопротивления материалов;
- деформации в местах соединения деталей и механизмов, которые определяются экспериментально, в лабораториях ЭНИМСа (экспериментального научно-исследовательского института металлорежущих станков).

Упругие деформации, в значительной степени, зависят от силы резания и жёсткости системы СПИЗ. Сила резания (P), жёсткость системы СПИЗ ($J_{спиз}$) и величина деформации (U) связаны соотношением (1):

$$U = P / J_{спиз}, \quad (1)$$

где $J_{спиз}$ определяется жёсткостью составляющих её элементов (станка, приспособления, инструмента и заготовки) соотношением (2).

$$1/J_{спиз} = 1/J_{ст} + 1/J_{пр} + 1/J_{инстр} + 1/J_{заг} \quad (2)$$

В свою очередь жёсткость каждого отдельного элемента той или иной системы СПИЗ также является функцией.

Например, при токарной обработке заготовки в виде стержня её жёсткость определяется по формулам (3–5):

- в случае установки заготовки в самоцентрирующемся трёхкулачковом патроне (т.е. консольно),

$$J_{заг} (П) = 3EM / L^3, \quad (3)$$

где E – модуль упругости,

M – момент инерции,

L – длина выступающей части заготовки;

- в случае установки заготовки в переднем и заднем центрах (т.е. в двух опорах), жёсткость увеличивается в 16 раз, в сравнении с консольным креплением,

$$J_{заг} (Ц) = 16 J_{заг} (П); \quad (4)$$

- в случае установки заготовки в патроне и заднем центре (т.е. в другой паре опор) жёсткость увеличивается в 33 раза, в сравнении с консольным креплением:

$$J_{заг} (П/Ц) = 33 J_{заг} (П). \quad (5)$$

Необходимо знать, что жёсткость системы СПИЗ, и её основная составляющая – жёсткость станка, оказывает существенное влияние на ряд технологических параметров.

Например:

- при повышении жёсткости станка в 2,5 раза подача при черновой обработке может быть увеличена в 3–3,5 раза (при сохранении требуемой точности обработки);

- при увеличении жёсткости станка с 900 до 4500 кгс/мм, при малых скоростях резания (25 м/мин), высота шероховатости обрабатываемой поверхности уменьшается на 30%;

- при точении быстрорежущими резцами за один рабочий ход с заданной точностью, жёсткость системы СПИЗ обратно пропорциональна основному машинному времени:

- жёсткость системы СПИЗ связана с основным (машинным) временем соотношениями (6,7):

$$T_{маш} \sim 1/\sqrt{J_{спиз}} \quad (6)$$

(при точении быстрорежущими резцами);

$$T_{маш} \sim 1/J_{спиз} \quad (7)$$

(при чистовом точении твёрдосплавными резцами с подачей $S = 0,1-0,2$ мм/об).

На упругие деформации, кроме сил резания и жёсткости, в значительной степени, влияет твёрдость материала заготовки. Колебания твёрдости обрабатываемого материала могут достигать значительных величин. Например:

- твёрдость холоднотянутых прутков из стали 2Х13, в пределах одного прутка, изменяется на 5–20НВ в продольном и поперечном сечениях; в пределах партии прутков колебания твёрдости достигают 94НВ, т.е. изменяется на 80%;

•твёрдость отливок из АЛ2, полученных давлением, в пределах одной плавки, изменяется на 10%; в пределах одной плавки – на 59%, а при различных плавках – на 83%.

Колебания твёрдости материала по отдельным заготовкам партии приводят к рассеиванию размеров деталей, а в пределах одной заготовки – к погрешности геометрической формы.

Упругие деформации, кроме того, могут быть следствием усилий зажима заготовок в приспособлениях, что приводит к погрешности формы обработанных деталей. Например, при установке заготовки в кулачковых патронах, погрешность формы зависит от числа кулачков: если принять погрешность формы тонкостенной втулки после её обработки с зажимом в 2-х кулачках за 100%, то при зажиме в 3-х кулачках она составит 21%, в 4-х кулачках – 8%, в 6-ти – 2%.

Погрешность наладки системы СПИЗ на исполнительный размер изделия составляет от 10 до 30% от суммарной погрешности и является случайной величиной. В качестве её составляющих выступают погрешность положения режущего инструмента и погрешность измерения пробных деталей, по которым производится настройка.

Геометрические погрешности станка составляют 10–30% от суммарной погрешности обработки. К ним, в частности, относят:

- биение шпинделя, что приводит к эллиптичности поверхности вращения детали;
- биение центров, что приводит к перекосу осей поверхностей вращения деталей;
- отклонение от параллельности оси шпинделя и направляющих станины (в горизонтальной плоскости), что ведёт к конусообразности поверхностей вращения детали;
- отклонение от параллельности оси шпинделя и направляющих станины (в вертикальной плоскости), что ведёт к образованию гиперboloида вращения вместо цилиндрической поверхности детали.

Размерный износ режущего инструмента составляет в среднем 10–20% от суммарной погрешности обработки. Погрешность режущих кромок влияет на точность размеров и шероховатость. Погрешность формы профильного инструмента приводит к погрешности формы поверхности детали.

Типовой график зависимости износа режущего инструмента (РИ) от пути резания включает три периода (рис. 1).

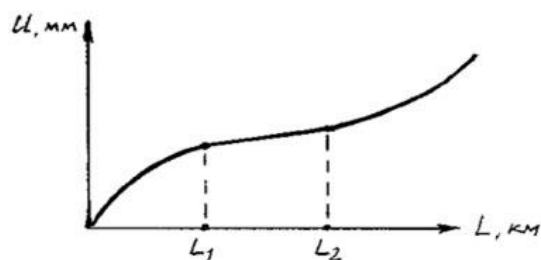


Рис. 1. График зависимости $I = F(L)$, где I – период приработки РИ; II – период нормального износа РИ; III – период разрушения РИ; $L_1 = 0.5 - 2$ км; $L_2 = 50$ км (при точении стали твёрдосплавным резцом Т15К6)

Величина размерного износа резца (I), для условий нормального изнашивания в ходе точения, рассчитывается по формуле (8):

$$I = I_o L / 1000, \quad (8)$$

где I_o – удельный износ на 1 мм пути резца;

L – длина пути резца (мм), $L = \pi D l / 1000 S$;

D, l – соответственно, диаметр и длина поверхности вращения, обрабатываемой точением (мм);

S – рабочая подача резца в ходе точения, мм/об.

Погрешность измерения не должна превышать 10% допуска измеряемого размера (по другим источникам, допускается от 20 до 35% допуска). На погрешность измерения влияют шероховатость измеряемой поверхности, погрешность измерительного инструмента и погрешность самого измерения. В общем случае, эта погрешность учитывается в погрешности наладки, но при значительной её величине рассматривается отдельно.

Погрешность, вызванная внутренними остаточными напряжениями, при обработке тонкостенных, маложёстких заготовок может достигать 40% от суммарной. Устраняется искусственным старением, с помощью термообработки, или естественным старением.

Температурные погрешности составляют 10–15% при обработке одиночным лезвийным инструментом, до 60% при многорезцовой обработке и 30–40% при шлифовании. Причём полную погрешность обработки, связанную с температурными деформациями, обычно определить не удаётся. Причина – в сложном характере теплообмена, который на практике до сих пор не описан.

Расчёт температурных погрешностей выполняется в следующем порядке:

- расчёт теплоты резания;
- выбор распределения теплоты резания по отдельным элементам системы СПИЗ (например, в ходе сверления 28% теплоты уходит в стружку, 14% – в сверло, 55% – в заготовку, 3% – в станок и окружающую среду);
- расчёт температуры нагрева элементов системы СПИЗ;

- расчёт погрешностей элементов системы СПИЗ.

Температура в различных точках станка различается на 10–60%, и это вызывает смещение и перекося оси шпинделя относительно оси обрабатываемой заготовки. Причём одновременно происходит изменение жёсткости станка. Так, например, после нагрева бесцентрово-шлифовального станка жёсткость узлов увеличивается в 1,5 раза, во столько же раз увеличиваются отклонения формы. Для устранения погрешности обработки, связанной с температурными деформациями станка, производится предварительный прогрев станка в течение 2–3 часов.

При токарной обработке наибольшая часть погрешности, связанной с температурными деформациями, вызывается удлинением резцов. В среднем, период теплового равновесия резца составляет 20 минут, в течение которых резец непрерывно удлиняется с начала обработки. Это сказывается на исполнительных размерах малых деталей и точности формы больших. Для уменьшения удлинения резца следует создавать обильное охлаждение, уменьшать режимы, вылет резца и т.п.

При простейших расчётах удлинение резца (ΔL_p) рассчитывается по формуле (9):

$$\Delta L_p = C L_p \sigma_b (t S)^{0/75} \sqrt[4]{v K_T / F}, \quad (9)$$

где C – постоянная (при $t \leq 1,5$ мм, $S \leq 0,2$ мм/об, $v = 100$ – 200 м/мин, $C = 4,5$); L_p – вылет резца (мм); σ_b – предел прочности на растяжение;
 t, S, v – соответственно, глубина, подача и скорость резания;
 K_T – коэффициент учёта охлаждения резца из-за перерывов в работе,
 $K_T = t_o / t_{um}$ (t_o – основное время, t_{um} – штучное время);
 F – площадь поперечного сечения резца, мм²

Нагревание деталей имеет существенное значение при изготовлении тонкостенных деталей. Температура обрабатываемой заготовки неравномерна и непрерывно изменяется от 10 до 45°C, что значительно усложняет проведение расчётов погрешности.

В простейшем случае, при равномерном нагреве заготовки простой формы, изменение её размера (ΔL_{zag}) можно рассчитать по формуле (10):

$$\Delta L_{zag} = L_{zag} \Delta t \alpha, \quad (10)$$

где L_{zag} – размер заготовки до нагрева,
 Δt – изменение температуры заготовки;
 α – коэффициент линейного расширения материала заготовки (детали).

Для уменьшения температурных деформаций заготовки необходимо применять обильное охлаждение, увеличивать скорость и подачу, уменьшать глубину резания.

Методику определения суммарной погрешности устанавливает ГОСТ 8.207-76. Что касается элементарных составляющих, то технолог до сих пор

решает эту задачу методом проб и ошибок. Разработка научно обоснованных методик расчёта погрешностей обработки является важной практической задачей, решение которой затруднено большими объёмами сложной технической информации с отсутствием чётких взаимных связей.

Как писал Бернард Шоу: *«Наука всегда оказывается не права. Она никогда не решит вопроса, не поставив при этом десяти новых».*

Способы обеспечения точности при сборке

Способы достижения заданной точности на сборочных операциях в значительной степени определяют надежность всего изделия.

•Сборка с обеспечением полной взаимозаменяемости

В массовом и серийном производствах распространена сборка с обеспечением полной взаимозаменяемости. При этом качественное соединение образуют любые сопрягаемые детали, входящие в сборочную единицу. Пригонки деталей отсутствуют. Допуски на сопрягаемые детали устанавливает конструктор, но взаимозаменяемость может произойти, если эти допуски равны или больше допусков технологических. Чем больше деталей в размерной цепи сборочной единицы, тем более жестким должен быть допуск на каждую деталь. Это обстоятельство существенно удорожает производство.

Возможность осуществления сборки с полной взаимозаменяемостью проверяется с помощью теории размерных цепей. Размерная цепь может быть рассмотрена непосредственно на рабочем чертеже или в виде схемы. Любой размер (звено цепи) может быть представлен как замыкающий. Размерная цепь должна быть непременно замкнута.

Если конструктор предусматривает в цепи деталей зазор, который должен быть образован при любом соединении, полученном методом полной взаимозаменяемости, то это требование легко можно проверить с помощью основного уравнения и нескольких правил теории размерных цепей.

•Способ неполной взаимозаменяемости

Сборку можно проводить и способом неполной взаимозаменяемости. В этом случае допуски на размеры сопрягаемых деталей принимают большими, чем в предыдущем случае. Тогда требуемая точность замыкающего звена будет обеспечена не у всех объектов. Число объектов заданного качества определяют с помощью аппарата теории вероятностей. Дополнительные затраты на достижение необходимых размеров замыкающего звена у объектов, не обладающих заданным качеством, могут быть при определенных условиях достаточно малыми.

•Групповая взаимозаменяемость

Заданный размер или посадка могут быть также обеспечены способом групповой взаимозаменяемости. В этом случае конструкторские допуски меньше технологических, т.е. получаемых в результате изготовления деталей. Все полученные детали сортируют на группы, а затем соответствующую посадку обеспечивают подбором охватывающих и охватываемых деталей из соответствующих групп. Время подбора каждой пары деталей может

существенно колебаться. Поэтому метод групповой взаимозаменяемости в представленном виде нельзя применять при поточном методе производства.

- Сборка с регулировкой

Способ сборки с регулировкой состоит в том, что размеры деталей, входящих в размерную цепь, имеют технологические допуски, т.е. характеризуются точностью, обеспечиваемой в данном производстве, но замыкающее звено имеет размер, или гарантирует посадку за счет компенсирующего звена, которое в процессе сборки можно регулировать, а после регулирования закреплять. Компенсирующие звенья в наборе (шайбы, втулки и т.д.) имеют различные размеры.

- Сборка с пригонкой

Сборка с пригонкой позволяет обеспечить необходимый размер припиливанием, шлифованием, шабрением и т.п., а также применением специальной детали, включаемой в сборочную цепь.

Выбор способа сборки зависит от типа производства и анализируется с помощью размерных цепей. Способ полной взаимозаменяемости используют обычно для коротких и простых цепей. Если число звеньев в цепи оказывается большим, то этот способ требует установления на каждое звено жестких конструкторских допусков. Каждый принятый способ выполнения заданного размера следует непременно анализировать с экономических позиций.

Контрольные вопросы и задания для самостоятельной работы

1. Дайте краткую характеристику методам достижения точности на металлорежущих станках.
2. Разъясните в чём сущность и назначение экономической и предельно-достижимой точности.
3. Перечислите основные погрешности обработки. Сопоставьте их и сделайте вывод.
4. Дайте характеристику погрешностям, вызванным упругими деформациями «СПИЗ» и предложите меры по их сокращению.
5. Дайте характеристику погрешностям, вызванным размерным износом инструмента и предложите меры по его сокращению.
6. Дайте характеристику температурным погрешностям и предложите меры по их сокращению.
7. Какие из элементарных погрешностей могут составлять наибольшую долю в суммарной погрешности?