

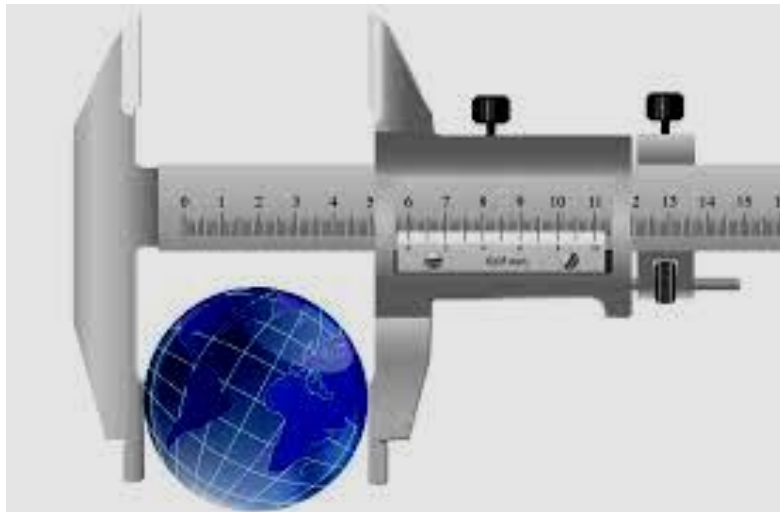
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«Харьковский политехнический институт»

Л.И. Пупань, В.А. Федорович

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Учебное пособие



Харьков
2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«Харьковский политехнический институт»

Л.И. Пупань, В.А. Федорович

**МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА
ПРОДУКЦИИ**

Учебное пособие

для студентов
специальности «Прикладная механика»
дневной, заочной и дистанционной форм обучения,
а также для иностранных студентов

Утверждено
редакционно-издательским
советом университета,
протокол № 1 от 16.01.19 г.

Харьков
НТУ «ХПИ»
2019

Рецензенты:

Ф.В. Новиков, д-р техн. наук, проф., Харьковский национальный
экономический университет им. С. Кузнецца;
Э.С. Геворкян, д-р техн. наук, проф., Украинский государственный
университет железнодорожного транспорта

У посібнику розглянуто загальні принципи метрологічного забезпечення як складової частини системи контролю якості продукції. Наведено особливості його практичної реалізації на машинобудівних підприємствах.

Матеріал викладено відповідно до основних видів навчальних занять з курсу «Метрологічне забезпечення якості».

Призначений для студентів спеціальності «Прикладна механіка» денної, заочної та дистанційної форм навчання, а також для іноземних студентів.

Пупань Л.И.

П88 Метрологическое обеспечение качества продукции : учеб. пособие для студентов специальности «Прикладная механика» дневной, заочной и дистанционной форм обучения, а также для иностранных студентов / Л. И. Пупань, В. А. Федорович. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2019. – 149 с. – На рус. яз.

В пособии рассмотрены основные принципы метрологического обеспечения как составляющей части системы контроля качества продукции. Приведены особенности его реализации на машиностроительных предприятиях.

Материал изложен в соответствии с основными видами учебных занятий по курсу «Метрологическое обеспечение качества».

Предназначено для студентов специальности «Прикладная механика» дневной, заочной и дистанционной форм обучения, а также для иностранных студентов.

Ил. 20. Табл. 7. Библиогр. : 9 наим.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ	5
МОДУЛЬ 1. КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ.	
ВСЕОБЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ	6
Лекция 1. Понятие качества продукции и его обеспечения	6
Лекция 2. Эволюция качества и подходов к его обеспечению.	
Системный подход к обеспечению качества	10
Лекция 3. Семейство международных стандартов <i>ISO 9000 (9001)</i>	
и их роль в обеспечении качества	15
Лекция 4. Показатели качества продукции	18
Лекция 5. Качество продукции машиностроения	25
МОДУЛЬ 2. МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ	30
Лекция 6. Понятие метрологии и ее роль на современном этапе	
развития	30
Лекция 7. Составные части метрологии. Законодательство в	
области метрологии. Национальная метрологическая	
служба	33
Лекция 8. Метрологическое обеспечение как составная часть	
систем управления качеством продукции. Единство	
измерений. Метрологическое обеспечение на этапах	
жизненного цикла продукции	40
Лекция 9. Метрологическая экспертиза технической	
Документации	48
МОДУЛЬ 3. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС И ЕГО	
КАЧЕСТВО	55
Лекция 10. Основные принципы измерений. Измерительный	
процесс. Информационные измерительные	
технологии	55
Лекция 11. Виды и методы измерений	62
Лекция 12. Средства измерений и их метрологические	
характеристики	66
Лекция 13. Поверка средств измерения	75
Лекция 14. Погрешности результатов измерений и их	
классификация	79

Лекция 15. Качество измерительного процесса и его показатели	88
Лекция 16. Особенности измерений в машиностроении	95
2. САМОСТОЯТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ ПО КУРСУ	100
3. ЛАБОРАТОРНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПО КУРСУ	101
3.1. Лабораторные работы.....	102
3.2. Практические работы	102
4. ТЕСТОВЫЕ ВОПРОСЫ К МОДУЛЬНЫМ КОНТРОЛЬНЫМ РАБОТАМ.....	103
Модульная контрольная работа 1.....	103
Модульная контрольная работа 2.....	109
Модульная контрольная работа 3.....	117
5. ВОПРОСЫ ПО КУРСУ ДЛЯ ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ	132
6. РАСЧЕТНОЕ ЗАДАНИЕ «ОЦЕНКА УРОВНЯ КАЧЕСТВА ОДНОРОДНОЙ ПРОДУКЦИИ»	133
6.1. Теоретические сведения	133
6.2. Выполнение расчетного задания	139
6.3. Вопросы для самоконтроля.....	143
7. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОЙ И ДИСТАНЦИОННОЙ ФОРМ ОБУЧЕНИЯ.....	144
7.1. Варианты контрольных заданий.....	144
7.2. Методические рекомендации по выполнению контрольной работы.....	147
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	148

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшей задачей современного производства является повышение качества и конкурентоспособности продукции.

Решающую роль в решении этой задачи играет метрологическое обеспечение контроля изделий.

Главным заданием метрологического обеспечения является рациональная организация измерительного процесса, обеспечение достоверности его результатов.

Это достигается комплексом организационно-технических мероприятий на государственном, отраслевом уровнях, на уровне предприятий, которые позволяют поддерживать средства измерительной техники в постоянной готовности к проведению измерений с заданной точностью.

Важность метрологического обеспечения не ограничивается его ролью в повышении качества продукции. Измерения лежат в основе процессов учета затрат и рационального использования материальных ресурсов, методов технической диагностики и мониторинга технологических процессов.

В учебном пособии изложены общие принципы метрологического обеспечения как составляющей системы контроля качества продукции, показаны особенности его реализации на машиностроительных предприятиях.

Рассмотрены вопросы практической метрологии, основные этапы измерительной процедуры и критерии ее качества.

Изложение материала приведено в соответствии с содержанием основных видов учебных занятий по курсу «Метрологическое обеспечение качества» – лекционного курса, самостоятельных работ, лабораторных и практических занятий, модульных контрольных работ, вопросов по курсу для итогового контроля, расчетного задания.

Указаны темы контрольных работ и методика их выполнения для студентов заочной и дистанционной форм обучения.

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

МОДУЛЬ 1. КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ. ВСЕОБЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ

Лекция 1. Понятие качества продукции и его обеспечения

Под *качеством* какой-либо продукции, согласно определению национального и международного стандартов *ISO 8402–86*, ДСТУ *ISO 9000-1-95*, часть 1 («Стандарти з управління якістю і забезпеченню якості»), ДСТУ 3230-95 «Управління якістю та забезпечення якості. Терміни та визначення»), *понимают совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворять установленные и предполагаемые определенные потребности.*

В некоторых литературных источниках качество определяют как «пригодность для использования» или «соответствие назначению», или «удовлетворение нужд потребителя», или «соответствие требованиям». Указанные примеры отражают только некоторые стороны понятия качества, которое приведено выше.

Поскольку потребности могут изменяться со временем, это предполагает проведение периодического анализа требований к качеству, то есть понятие качества является величиной динамичной, изменяющейся.

Потребности, в свою очередь, переводятся в характеристики на основании установленных критериев и могут включать, например, эксплуатационные характеристики продукции (изделий), функциональную пригодность, надежность (готовность, безотказность, ремонтпригодность), безопасность, воздействие на окружающую среду, экономические и эстетические показатели и т. д.

Когда говорят о качестве продукции, под продукцией понимают результат деятельности или процессов.

Понятие «продукция» охватывает основные четыре категории и может включать оборудование, перерабатываемые материалы, программное обеспечение, услуги или комбинацию из перечисленного.

Таким образом, продукция может быть материальной (детали, узлы, перерабатываемые материалы), нематериальной (информация, понятия) или комбинацией из них.

К *оборудованию* принято относить изготовленные, сооруженные или произведенные предметы, детали и (или) узлы.

Под *программным обеспечением* понимают продукт интеллектуальной деятельности в виде информации, для отображения которой применяется вспомогательный носитель. Программное обеспечение может иметь форму понятий, транзакций или процедур. Особый пример программного обеспечения – программа для компьютера.

Перерабатываемые материалы – материальная продукция, полученная путем переработки сырья с приданием ему нужного состояния. Перерабатываемые материалы могут находиться в жидком, газообразном или твердом состоянии и иметь форму бруска, проволоки или листа. Перерабатываемые материалы обычно поставляются в барабанах, метках, баках, баллонах, цистернах, рулонах или по трубопроводам.

Услуги в соответствии со стандартами понимают как итоги непосредственного взаимодействия поставщика и потребителя, а также внутренней деятельности поставщика по удовлетворению потребностей потребителя (медицинские, банковские, транспортные услуги, подготовка персонала, техническое обслуживание и т. д.).

В рыночных предложениях любой современной организации, как правило, присутствуют по меньшей мере две общие категории продукции, независимо от сектора промышленности или экономики, в которой она действует. Например, в предложениях большинства фирм, поставляющих оборудование или перерабатываемые материалы, присутствует программное обеспечение, элементы услуг.

Термин «качество» не используют сам по себе для передачи степени превосходства продукции в сравнительном значении или для технических оценок в количественном значении. Чтобы выразить подобные значения, используют качественные прилагательные, например, можно применять термины «относительное качество» – если объекты классифицируют в зависимости от степени их превосходства или в сравнительном смысле; «уровень качества» – в количественном смысле (например, при статистическом приемочном контроле); «мера качества» – при проведении точных технических оценок.

Вклад в качество различных стадий производства иногда идентифицируют отдельно с целью их выделения, например, качество, обусловлен-

ное потребностями; качество, обусловленное проектированием продукции; качество, обусловленное соответствием; качество, обусловленное техническим обслуживанием продукции на протяжении жизненного цикла и т. д.

С самых общих позиций под качеством можно понимать совокупность свойств и характеристик продукции. Эти свойства и характеристики формируются при создании изделий и в зависимости от требований заказчиков и потребителей могут быть самыми разнообразными как по уровню, так и по сочетанию.

Под *обеспечением качества* понимают процесс формирования необходимых свойств и характеристик продукции.

На качество продукции влияет множество разнообразных факторов: качество проектирования, уровень технологии, качество покупных изделий и материалов, условия труда и т. д.

Практически вся производственная деятельность предприятия, включая конструкторские, технические, технологические, организационные факторы, прямо или косвенно, в большей или меньшей степени влияет на формирование качества.

Обеспечение качества промышленной продукции неразрывно связано с таким понятием как *управление качеством*, то есть постоянным, планомерным, целенаправленным процессом воздействия, осуществляемым при создании, эксплуатации или потреблении продукции с целью установления, обеспечения и поддержания необходимого уровня ее качества.

Механизм управления качеством продукции представляет собой совокупность взаимосвязанных объектов и субъектов управления, используемых принципов, методов и функций управления на различных этапах жизненного цикла продукции.

Объектом управления качеством может выступать вся совокупность свойств продукции, либо какая-то их часть, группа или отдельное свойство. Иногда в качестве объекта управления выступает конкурентоспособность, технический уровень или какой-либо другой показатель продукции.

Субъектом управления являются управляющие органы всех уровней и лица, призванные обеспечить достижение и содержание планируемого состояния и уровня качества продукции.

Цель управления – уровень и состояние качества продукции с учетом экономических интересов производителя и потребителя, а также требова-

ний безопасности и экологичности продукции.

Система управления качеством продукции представляет собой совокупность управленческих органов и объектов управления, мероприятий, методов и средств, направленных на установление, обеспечение и поддержание высокого уровня качества продукции.

Методы и средства управления качеством промышленной продукции – это способы, которыми органы управления воздействуют на элементы производственного процесса, обеспечивая достижение и поддержание планируемого состояния и уровня качества продукции.

При управлении качеством используют следующие четыре типа методов.

1). Экономические методы, обеспечивающие создание условий, побуждающих коллективы предприятий, конструкторских, технологических и других организаций изучать запросы потребителей, создавать, изготавливать и обслуживать продукцию, удовлетворяющую эти потребности и запросы. К числу экономических методов относятся правила ценообразования, условия кредитования, экономические санкции за несоблюдение требований стандартов и технических условий, правила возмещения экономического ущерба потребителю за реализацию ему некачественной продукции.

2). Методы материального стимулирования, предусматривающие, с одной стороны, поощрение работников за создание и изготовление высококачественной продукции, а, с другой – взыскание за причиненный ущерб от недостаточности показателей ее качества.

3). Организационно-распорядительные методы, осуществляемые посредством обязательных для исполнения директив, приказов, указаний руководителей. К числу организационно-распорядительных методов управления качеством продукции относятся также требования нормативной документации.

4). Воспитательные методы, оказывающие влияние на сознание и настроение участников производственного процесса, побуждающие их к высококачественному труду и четкому выполнению специальных функций управления качеством продукции.

Выбор методов управления качеством продукции и поиск их наиболее эффективного сочетания – один из самых творческих моментов в создании систем управления, поскольку они оказывают прямое воздействие на мобилизацию человеческого фактора.

Лекция 2. Эволюция качества и его обеспечения. Системный подход к обеспечению качества

Отношение к качеству и его обеспечению в производственной сфере прошло относительно длительную эволюцию.

С самых общих позиций можно выделить три периода: качество – система качества – менеджмент системы качества.

Эволюция качества развивалась одновременно с развитием производственных отношений, расширением номенклатуры товаров и услуг.

По мере развития производственных процессов изменялось и отношение к качеству – от принудительных мер до поощрения, осознания необходимости, принятия как должного.

На начальном этапе управление качеством являлось частью производственного менеджмента. В результате развития появилось обособленное направление менеджмента производства – *управление качеством продукции (УПК).*

Можно выделить несколько этапов (фаз) эволюции понятия качества и УПК. Их условные названия и краткая характеристика приводятся ниже.

1 этап – механический контроль (до начала XX в.) – каждый работник сам отвечал за продукцию собственного изготовления. Этот период иногда называют «фазой отбраковки», которая началась вместе с ремесленным производством.

2 этап – контроль мастера (начало XX в. – 20-е гг. XX в.) – основная ответственность за качество возлагалась на мастера (десятника). Этот этап соответствует начальным задачам системного подхода к управлению качеством. Появилась первая система контроля качества – система Тейлора (1905 г.), которая устанавливала требования к качеству изделий (деталей) в виде полей допусков и вводила определенные шаблоны, настроенные на верхнюю и нижнюю границы допусков – проходные и непроходные калибры. *На данном этапе качество продукции определялось как соответствие стандартам.* Система Тейлора предполагала управление качеством каждого отдельно взятого изделия (детали).

3 этап – инспекционный контроль (20-е...40-е гг. XX в.). В этот период начали активно появляться обоснованные Тейлором инспекции по качеству. Начала осуществляться 100%-ная инспекция готовой продукции. Контроль качества переходил в руки специально обученных независимых экспертов по качеству. Впервые стали применяться методы статистического контроля, контрольные карты, обосновывались выборочные методы контроля качества продукции. *Качество определялось как соответствие стандартам и стабильности процессов.* Иногда этот период называют «фазой управления качеством».

4 этап – статистический контроль (40-е...60-е гг. XX в.). Именно в этот период повсеместно распространились статистические методы контроля качества. *Качество продукции, процессов, деятельности определялось как соответствие рыночным требованиям.* Осуществлялся контроль проектирования и производства.

5 этап – обеспечение качества, всеобщее управление качеством (60-е...80-е гг. XX в.). В этот период американским специалистом по качеству А. Фейгенбаумом была разработана идея *всеобщего управления качеством продукции TQC (Total Quality Control).* К главным задачам TQC относятся прогнозируемое устранение потенциальных несоответствий в продукции на стадии конструкторской разработки, проверка качества поставляемой продукции, комплектующих и материалов, а также управление производством, развитие службы сервисного обслуживания и надзор за соблюдением соответствия заданным требованиям к качеству. На этом этапе появились *документированные системы обеспечения качества,* устанавливающие ответственность и полномочия, а также взаимодействие в области качества всего руководства предприятия, а не только специалистов служб качества. Концепция «системы обеспечения качества», обеспечивала уже не только проектирование и изготовление качественной продукции, но и качество всей деятельности фирмы. *Качество определялось как удовлетворение потребностей и требований заказчиков.* Осуществлялся контроль всей деятельности производителя.

Системный подход в управлении качеством продукции и сегодня является одной из общемировых тенденций.

Основные черты системного подхода в управлении качеством:

- обязанности и ответственность между отдельными подразделениями предприятия четко и аргументировано распределены;
- система контроля качества является основной частью общей системы управления предприятием и функционирует одновременно со всеми другими видами деятельности на предприятии, согласуясь и взаимодействуя с ними;
- система контроля должна дополняться эффективными методами морального и материального поощрения и материальной ответственностью за нарушение требований к качеству продукции.

6 этап – всеобщее управление качеством (80-е гг. XX в.). Начался переход от всеобщего контроля качества (*TQC*) к всеобщему менеджменту качества (*TQM*). В это время появилась серия новых международных стандартов на системы качества – стандарты *ISO 9000* (1987 г.), оказавшие весьма существенное влияние на менеджмент и обеспечение качества.

Специфика всеобщего управления качеством состоит в том, что если ранее на предприятиях принимались компромиссные решения по таким параметрам, как объем выпускаемой продукции, сроки поставки, затраты и качество, то теперь на первый план выдвигается качество продукции, и вся работа предприятия подчиняется этой цели. Таким образом, управление всеми сферами деятельности предприятия организуется исходя из интересов качества.

Этот переход является радикальным подходом к обеспечению качества промышленных изделий на современном этапе развития сферы производства и услуг.

Система *TQM* является комплексной системой, ориентированной на постоянное улучшение качества, минимизацию производственных затрат и поставку точно в срок.

Таким образом, всеобщее управление качеством – это концепция, которая предусматривает всестороннее и скоординированное применение систем и методов управления качеством во всех сферах деятельности от исследований и разработок до послепродажного обслуживания при участии руководства и служащих всех уровней и при рациональном использо-

вании всех технических возможностей. Эта система воплотила в себе все лучшее, что было отобрано мировой практикой при создании высококачественной продукции, рис. 1.1.



Рисунок 1.1 – Структура системы всеобщего управления качеством

В соответствии с эволюцией понятия «качество» трансформировались и его трактовки, некоторые из них приведены в табл.1.2.

Таблица 1.2 – Эволюция формирования понятия качества

Автор	Формулировка
Аристотель (III в. до н.э.)	Качество как видовое отличие сущности, характеристика состояния сущности, свойство вещи.
Гегель (XIX в. н.э.)	Качество есть в первую очередь тождественная с бытием определенность, так что нечто перестает быть тем, что оно есть, когда оно теряет свое качество.
Китайская версия	Иероглиф, обозначающий качество, состоит из двух элементов – «равновесие» и «деньги» (качество – равновесие+деньги), следовательно, качество тождественно понятиям «высококласный», «дорогой».
Шухарт У. (ученый в сфере теории управления качеством, США, 1881...1967 гг.)	Различие между предметами. Дифференциация по признаку «хороший - плохой».
Исикава К. (ученый в области управления качеством, Япония, 1915...1989 гг.)	Качество имеет два аспекта: объективные (физические) и субъективные (насколько вещь «хороша»).
Джуран Дж. (ученый в области качества, США, 1904...2008 гг.)	Пригодность для использования (соответствие назначению). Качество есть степень удовлетворения потребителя. Для реализации качества производитель должен узнать требования потребителя и сделать свою продукцию такой, чтобы она удовлетворяла этим требованиям.
Фейгенбаум А. (создатель TQM, США, 1922 г.)	Качество изделия или услуги можно определить как общую совокупность технических, технологических и эксплуатационных характеристик изделия или услуги, посредством которых изделие или услуга будут отвечать требованиям потребителя при их эксплуатации
Харрингтон Дж. (специалист по управлению качеством, США, 1929 г.)	Качество – удовлетворение ожиданий потребителя за цену, которую он себе может позволить, когда у него возникает потребность. Высокое качество – превышение ожиданий потребителя за более низкую цену, чем он предполагает.
Тагути Г. (инженер, статистик, США, 1924-2012 гг.)	Качество – это потери, нанесенные обществу с момента поставки продукта
Международный стандарт ISO 8402–86	Качество – совокупность свойств и характеристик продукции или услуг, которые придают им способность удовлетворять обусловленные или предполагаемые потребности.

Лекция №3. Семейство международных стандартов *ISO 9000 (9001)* и их роль в обеспечении качества

Обеспечение качества продукции базируется на трех «китах» – метрологии, стандартизации, сертификации.

Несомненно, важную роль играет стандартизация.

Так, мировой опыт управления качеством сконцентрирован в пакете международных стандартов серии *ISO 9000* (разработаны Международной Организацией по Стандартизации – *ISO (International Organization for Standardization)*).

Базовой основой стандартов *ISO 9000* стал комплексный подход к управлению качеством – *Total Quality Management (TQM)*.

Стандарты серии *ISO 9000*, принятые более чем 190 странами мира в качестве национальных, применимы к любым предприятиям, независимо от их размера, форм собственности и сферы деятельности.

Семейство стандартов ИСО 9000 распространяется на все виды продукции промышленного и экономического секторов в соответствии с четырьмя общими категориями продукции, см. Л.1.

Суть ISO 9000 и других стандартов этой серии заключается в экономически оправданном применении так называемого «правила доверия», которое позволяет рационально пользоваться ресурсами отдельно взятого предприятия и экономики в целом.

Стандарты содержат термины, определения, основные принципы менеджмента качества, требования к системе менеджмента качества организаций и предприятий, а также руководство по достижению устойчивого результата.

Главная задача международных стандартов серии ISO 9000 – установление единого, признанного во всем мире подхода к договорным условиям по оценке систем обеспечения качеством и регламентация отношений между покупателем продукции и ее поставщиком по вопросам обеспечения качества продукции. При этом должна обеспечиваться жесткая ориентация на требования потребителя.

Основными целями выпуска стандартов семейства ISO 9000 являлись следующие:

- укрепление взаимопонимания и доверия между поставщиками и потребителями при заключении международных контрактов;

- достижение взаимного признания сертификатов на системы качества, выдаваемых в разных странах соответствующими аккредитованными органами по сертификации на основании использования ими единых подходов и стандартов при проведении сертификации;

- оказание содействия и методической помощи организациям различных масштабов и различных сфер деятельности в создании эффективных систем качества.

При этом следует помнить, что *ISO 9000* не является стандартом качества собственно продукта и непосредственно не гарантирует высокое качество продукции; международные стандарты семейства *ISO 9000* *устанавливают основные требования к созданию общих программ управления качеством* (обеспечения качества) в промышленности и сфере обслуживания.

Стандарты серии *ISO 9000* предлагают методику разработки и построения системы управления качеством, которая, соответственно, может быть официально сертифицирована, т.е. проверена и признана независимым аккредитованным Органом по сертификации.

Данные стандарты универсальны. Они не предлагают абсолютных критериев качества для отдельных видов услуг и продукции.

Стандарты *ISO 9000* задают методологию функционирования и саморегулирования системы качества с учетом изменения запросов потребителя, а уже она в свою очередь должна обеспечивать и поддерживать высокий уровень качества услуг и продукции, другими словами – обеспечивать высокую степень удовлетворенности потребителей.

Успех и международное признание стандартов серии *ISO 9000* явились подтверждением двух важных достижений их разработчиков:

- стандарты содержат проверенные временем концепции внутреннего руководства качеством и модели по внешнему обеспечению качества. На основе интегрированной архитектуры стандарты сгруппированы в легко запоминающуюся систему цифрового обозначения;

- стандарты удовлетворяют растущие потребности международного менеджмента качества и широко используются как универсальный инструмент оценки систем качества второй и третьей стороной.

Система стандартов *ISO* дает возможность современным предприятиям и организациям не только обеспечить необходимое потребителю

качество своей продукции, но и выход на дополнительные рынки сбыта.

Серия стандартов *ISO 9000* неоднократно пересматривалась:

- первая версия была подготовлена в 1987 г.;
- вторая версия была издана в 1994 г. и представляла собой уточненную версию 1987 г.;
- третья версия была разработана в 2000 г. путем радикального пересмотра версии 1994 г.;
- четвертая версия стандарта вышла разобщенно: в 2005 г. – стандарт *ISO 9000:2005*, в 2008 и 2009 гг. – стандарты *ISO 9001:2008* и *9004:2009*;
- пятая версия *ISO 9001* была издана в 2015 г. (*ISO 9001* совместно с *ISO 9000*). Стандарт *ISO 9001:2015* г. разработан в соответствии с приложением к директиве *ISO Annex SL (ISO/IEC Directives, Part 1 Consolidated ISO Supplement – Procedures specific to ISO)*, которая определяет требования к нормативным документам для систем управления;
- 2018 г. – новая версия стандарта *ISO 19011*.

Содержание основных стандартов, входящие в серию.

- *ISO 9000* «Системы менеджмента качеством. Основные положения и понятия» устанавливает основные положения, определения и термины, используемые в серии *ISO 9000*. Текущая версия – «*ISO 9000:2015* Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь».

- *ISO 9001* «Системы менеджмента качеством. Рекомендации по улучшению деятельности» – определяет требования к системе управления качеством, используемые для подтверждения способности организации удовлетворять потребности потребителя и других заинтересованных сторон. В рамках серии *ISO 9000* это единственный стандарт, по которому выдается сертификат. Текущая версия – «*ISO 9001:2015* Системы менеджмента качества. Требования».

- *ISO 9004*. Содержит руководство по достижению устойчивого успеха любой организацией в сложной, требовательной и постоянно изменяющейся среде путем использования подхода с позиции менеджмента качества. Текущая версия – «*ISO 9004:2009* Менеджмент для достижения устойчивого успеха организации. Подход на основе менеджмента качества».

- *ISO 19011*. Стандарт, описывающий методы проведения аудита в

системах менеджмента, в том числе, менеджмента качества. Текущая версия – «*ISO 19011:2011* Руководящие указания по аудиту систем менеджмента».

Украинские версии стандартов:

- ДСТУ *ISO 9000:2007* – аналог *ISO 9000:2005*;
- ДСТУ *ISO 9001:2009* – аналог *ISO 9001:2008*;
- ДСТУ *ISO 9001:2015* («Система управління якістю») – аналог *ISO 9001:2015*.

Задача Украины – следовать мировым тенденциям и требованиям в сфере управления качеством, чему способствует синхронизация стандартов серии *ISO 9000 (9001)* с ДСТУ. Формирование систем менеджмента качества на предприятиях страны в соответствии с международными стандартами является одним из важнейших условий выхода на европейский и мировые рынки с продукцией стабильного качества, т.е. конкурентоспособной.

Несмотря на добровольный характер, все больше украинских предприятий внедряет стандарты *ISO 9000 (9001)*, не желая отставать от своих конкурентов или партнеров, а порой и просто оказываясь в положении, когда основной покупатель заявляет наличие сертифицированной системы менеджмента качества основным требованием и условием заключения контракта.

Лекция 4. Показатели качества продукции

Качество продукции оценивают *показателями качества* – количественными характеристиками одного или нескольких свойств, из которых состоит качество. Каждый показатель имеет наименование и значение.

Наименование показателя служит качественной характеристикой продукции. Значение показателя является результатом количественного и качественного измерения. Значение показателя применяется для установления соответствия или несоответствия определенным требованиям или для констатации результатов измерений.

Измерением и оценкой качества продукции занимается квалиметрия. Задачи квалиметрии – обоснование выбора показателей качества, разработка методов определения оптимальных значений показателей качества и методов их оценки.

Показатели качества классифицируют на различные группы в зависимости от количества характеризующих свойств, назначения, вида характеризующих свойств.

Число показателей качества определяется конкретным многоцелевым назначением продукции.

Показатели качества *по количеству характеризующих свойств* могут быть единичными, комплексными, интегральными, обобщенными, рис.1.2. Определение этих показателей регламентирует ГОСТ 15467-79 (Качество продукции. Термины), кроме обобщенного показателя, который регламентируется ГОСТ 16431-70 (Качество продукции. Показатели качества и методы оценки уровня качества продукции).

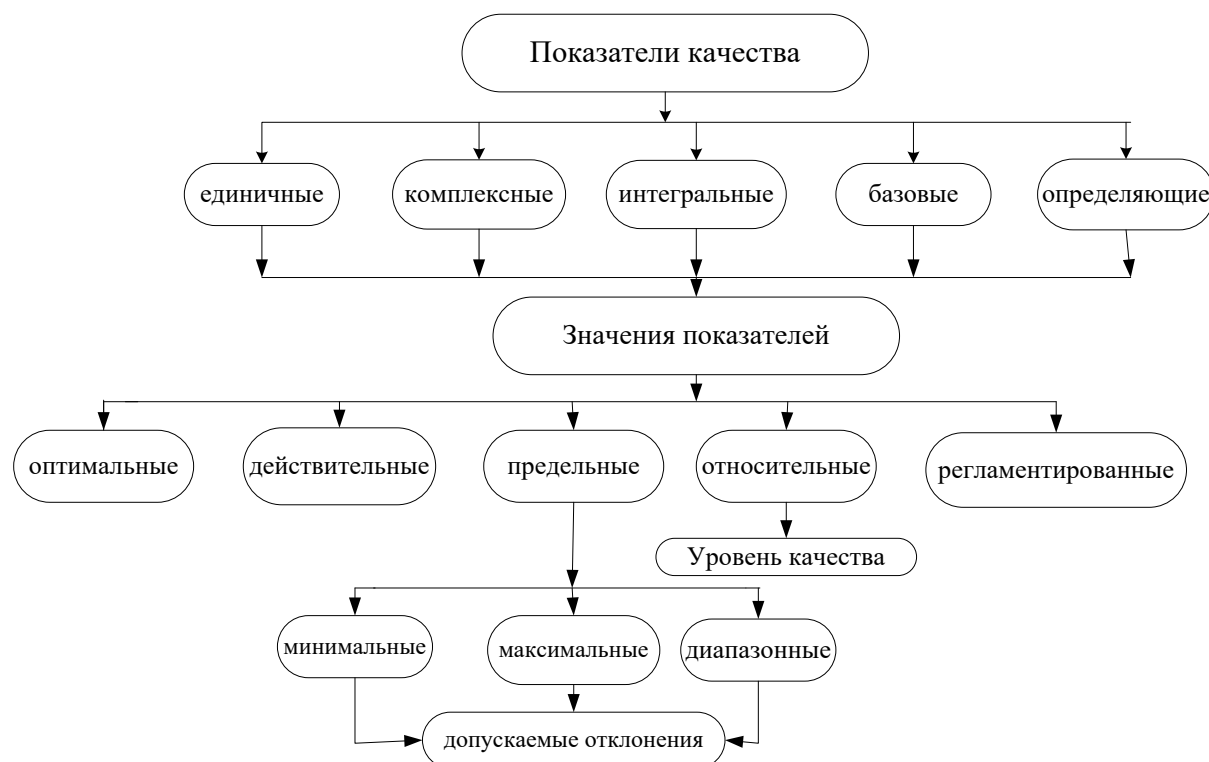


Рисунок 1.2 – Классификация показателей качества продукции

Единичные показатели характеризуют одно свойство качества. Могут относиться как к единице продукции, так и к совокупности единиц однородной продукции, например: наработка изделия на отказ (часы), удельный расход топлива – кг/(кгс·ч), максимальная скорость движения – км/ч. Эта группа самая многочисленная.

Комплексные показатели характеризуют несколько свойств, причем могут быть выражены одним числом. Комплексные показатели могут быть связаны с единичными через функциональные зависимости, а также могут быть некоторой комбинацией единичных показателей.

Интегральные показатели определяются отношением суммарного полезного эффекта от эксплуатации или применения продукции к суммарным затратам на ее создание или эксплуатацию. Данные показатели являются по сути разновидностью комплексного показателя качества, позволяющего с экономической точки зрения определить оптимальную совокупность свойств изделия.

Обобщенные показатели характеризуют качество продукции независимо от ее вида и назначения, например, объем сертифицированной продукции в общем объеме.

По назначению показатели качества делят на базовые и определяющие, см. рис.1.2.

Базовыми являются показатели, принятые за основу при сравнительной характеристике показателей качества. В качестве базовых могут быть использованы показатели образцов аналогичной продукции, отражающие передовые научно-технические достижения, а также показатели стандартов или технических регламентов.

Определяющие показатели – это показатели, имеющие решающее значение при оценке качества продукции.

Всем перечисленным показателям присущи определенные значения, которые делят на оптимальные, действительные, предельные, относительные и регламентированные, см. рис.1.2.

Оптимальное значение показателя – это значение, позволяющее достичь наиболее полного удовлетворения части потребностей, которые обуславливает данный показатель. Достаточно часто оптимальное значение применяется в качестве нормы, устанавливаемой стандартами. Тогда это значение приобретает статус регламентированного. Оптимальное значение показателя наиболее желательно, но на практике не всегда достижимо. Поэтому при оценке качества определяется действительное значение показателя качества.

Действительное значение показателя определяется его однократным или многократным измерением.

Предельное значение показателя качества – это значение, превышение или снижение которого регламентируется как несоответствие действующему нормативному документу. Предельные значения делят на минимальные, максимальные, диапазонные, см. рис.1.2.

Уровень качества продукции определяют как *относительную* характеристику качества, см. рис.1.2, основой для которой является сравнение показателей качества с их базовым значением, в качестве которых используют показатели перспективных образцов, аналогов и стандартов.

Регламентированное значение показателя – значение, установленное действующими нормативными документами.

Номенклатура показателей качества (показатели качества по характеризваемым свойствам) промышленной продукции зависит от условий ее создания и применения, рис.1.3.

Показатели назначения характеризуют свойства продукции, определяющие основные функции, для выполнения которых она предназначена, и обуславливают область ее применения. Они подразделяются на показатели функциональной и технической эффективности (производительность станка); конструктивные (габаритные размеры, коэффициенты сборности и взаимозаменяемости); показатели состава и структуры.

Показатели надежности, которые оценивают свойство изделия выполнять свои функции с сохранением эксплуатационных показателей в установленных пределах на протяжении определенного промежутка времени; включают безотказность, долговечность, ремонтпригодность, восстанавливаемость и сохраняемость.

Показатели технологичности. Под технологичностью конструкции изделия (ТКИ) понимают совокупность свойств изделия, которые определяют приспособленность его конструкции к достижению оптимальных затрат ресурсов (трудовых, энергетических, материальных) при производстве и эксплуатации для обеспечения заданных показателей качества, объема выпуска и условий эксплуатации. ТКИ выражает не функциональные свойства изделия, а его конструктивные особенности – состав и расположение составных частей, схему устройства изделия в целом, форму и расположение поверхностей деталей и соединений, их состояние, размеры, материалы и информационную выразительность.

Показатели стандартизации – это насыщенность продукции стандартными, унифицированными и оригинальными составными частями, а также уровень унификации по сравнению с другими изделиями. Все детали изделия делятся на стандартные, унифицированные и оригинальные. Чем меньше оригинальных изделий, тем лучше как для изготовителя продукции, так и для потребителя.

Эргономические показатели оценивают систему «человек- техника» и учитывают комплекс гигиенических (освещенность, температура, влажность), антропометрических (соответствие конструкции размерам тела человека), физиологических и психологических особенностей (соответствие силовым, скоростным, зрительным и другим возможностям человека), которые проявляются в производственных условиях. То есть эти показатели характеризуют удобство изготовления, сохранения, транспортировки и эксплуатации продукции.

Эстетические показатели оценивают информационную выразительность и рациональность формы, целостность композиции и совершенство производственного исполнения продукции, соответствие современным тенденциям.

Показатели транспортабельности оценивают пригодность продукции к транспортным операциям (например, средняя продолжительность подготовки к транспортировке, средняя трудоемкость подготовки к транспортировке, коэффициент использования объема транспортного средства и т. д.).

Патентно-правовые показатели указывают меру обновления технических решений, их патентную защиту, возможность реализации продукции в стране и за рубежом.

Экологические показатели характеризуют уровень вредных воздействий на окружающую среду, возникающих при эксплуатации продукции, количество вредных выбросов и т. д.

Показатели безопасности характеризуют свойства изделия, гарантирующие безопасность человека и других объектов при эксплуатации, обслуживании, транспортировке и хранении продукции.

Показатели экономической эффективности включают себестоимость, рентабельность, годовой экономический эффект.

Для оценки показателей качества используют различные методы,

в основе классификации которых лежит способ получения и восприятия информации. Численные значения показателей качества оцениваемой продукции можно установить с помощью объективных или эвристических методов оценки



Рисунок 1.3 – Показатели качества продукции по характеризующим свойствам

Объективные методы оценки показателей качества – методы, основанные на определении показателей свойств путем измерений или выявлении отклонений этих показателей от установленных требований.

Основными видами объективных методов оценки показателей качества являются следующие.

Расчетный метод подразумевает использование теоретических или полученных опытным путем знаний. Как правило, применяется на этапе проектирования продукции. При использовании этого метода показатели качества определяются путем их расчета с использованием формул и разнообразных математических моделей. Метод дает возможность сделать выводы о производительности и безотказности, а также оценить его эргономические и эстетические характеристики. Обычно расчетный метод используют для прогнозирования или определения оптимальных (нормативных) значений, например, показателей производительности, трудоемкости, надежности и т. д.

Измерительный метод основан на использовании специальных технических средств измерений (измерительных приборов). Полученные в результате исследований показатели сравниваются с нормативными. Таким

образом, можно определить влажность, скорость, силу тока, температуру, число оборотов, массу и размеры. Положительными моментами измерительного метода являются объективность, точность и возможность выразить показатели свойств в единицах определенной размерности. Отрицательными моментами измерительного метода является использование в ряде случаев достаточно сложного оборудования, а также потери образцов за счет их разрушения или повреждения при испытаниях.

С помощью *регистрационного* метода собираются данные о возможных затратах, числе каких-либо событий, фактах отказа на испытательном этапе. Регистрационный метод базируется на результатах подсчета появления отказов работы изделия за определенное время эксплуатации, количества дефектных изделий в партии, отклонениями от требований нормативных документов. Этот метод отличается трудоемкостью и длительностью процесса осуществления наблюдений.

Эвристические методы оценки качества продукции основаны на использовании органов чувств, интуиции и обобщенного опыта людей.

К разновидностям *эвристических методов* относят следующие.

Органолептический метод задействует органы чувств – обоняния, осязания, зрения, слуха и вкуса. Его достоинствами являются простота и возможность осуществления в любых условиях без применения специального оборудования. К отрицательным моментам органолептического метода относится невозможность получения точного численного значения показателей качества, а также использование для оценки только балльной системы.

Экспертный метод оценки качества продукции основывается на решении, принимаемом экспертами, он является одной из разновидностей органолептического метода, использующего для оценки качества обобщенные оценки группы специалистов (экспертов). При этом точность полученных в балльной системе оценок во многом зависит от квалификации экспертов и правильности организации проводимой экспертизы. Метод актуален для тех свойств продукции, которые не имеют в явном виде количественного выражения, например, ее эстетические и эргономические характеристики.

Социологический метод оценки качества основывается на анализе мнений широкого круга потребителей об уровне качества анализируемой продукции. Информацию о мнении потребителей получают путем прове-

дения анкетирования, устных опросов, конференций, аукционов, выставок-продаж и т. д.

К основным факторам, влияющим на качество продукции, относят:

- *производственные* факторы (сырье, материалы, комплектующие, оборудование, инструменты, технологии);
- *человеческие* факторы (навыки и знания, организованность и дисциплинированность работников);
- *экономические* факторы (системы стимулирования, определение оптимальной себестоимости).

Качество продукции формируется на различных этапах жизненного цикла продукции – при проектировании, в процессе производства и эксплуатации, а также утилизации.

Обобщая вышесказанное, можно сформулировать основные требования, соблюдение которых обеспечивает высокое качество продукции:

- системность – процесс, охватывающий все звенья производства и эксплуатации продукции (предприятие-потребитель-поставщик);
- комплексность – обеспечение качества на этапах маркетинга, разработки и проектирования производства, обслуживания и эксплуатации;
- организованность и общность – взаимосвязанная работа всех подразделений и отдельных работников в обеспечении качества продукции;
- приоритет потребителя – основа определения потребительских свойств продукции;
- новаторство (инновации) – постоянное внедрение новых технологий во всех сферах деятельности;
- управляемость – введение системы управления качеством, действующей под руководством первого лица предприятия (фирмы).

Лекция 5. Качество продукции машиностроения

Качество продукции относится к числу важнейших показателей машиностроительных предприятий.

Повышение качества машиностроительной продукции приносит значительный экономический эффект благодаря оснащению продукцией всех отраслей народного хозяйства.

При освоении новых машин или модернизации ранее освоенных, при планировании их качества, аттестации и во многих других случаях необхо-

можно пользоваться показателями качества машин, т.е. количественным выражением одного или нескольких ее свойств применительно к условиям создания и эксплуатации.

Продукция машиностроения является весомой составляющей промышленной продукции и имеет все ее общие признаки. Поэтому анализ понятий, показателей качества, методов их классификации, создание систем качества, управление качеством продукции целесообразно рассматривать на основе общих положений.

Аналогично другим видам продукции, показатели качества машин могут быть единичными и комплексными (групповыми).

Единичные показатели относятся к одному из свойств. Например, двигатели внутреннего сгорания характеризуются следующими единичными показателями – мощностью, частотой вращения, удельным расходом топлива на единицу мощности и т.д.

Единичными показателями металлорежущих станков являются точность, производительность, надежность, степень унификации, уровень автоматизации, время технического обслуживания, эргономичность и т. д.

Единичные показатели металлорежущих станков, их ориентировочные значения и коэффициенты весомости приведены в табл.1.3.

Единичные показатели широко используются в работе технологов и конструкторов при освоении новых и модернизации ранее освоенных изделий, при техническом контроле их производства и т. д.

После установления единичных показателей машины необходимо сопоставить их с показателями аналога или базовой продукции (то есть образца, эталона, модели или иного изделия, показатели которого в момент оценки отвечают самым высоким требованиям в настоящий момент и которое наиболее эффективно в эксплуатации).

Мера, или уровень качества продукции машиностроения выражается относительной характеристикой, основанной на сравнении значений показателей качества данной и базовой продукции.

Комплексные показатели служат для комплексной оценки качества машины по нескольким важнейшим ее свойствам и применяются при технико-экономическом планировании, для оценки динамики качества за отдельные периоды времени.

Применительно к машиностроению комплексные показатели делят на обобщенные и интегральные.

Таблица 1.3 – Единичные показатели качества агрегатных станков

№	Наименование показателя	Ориентировочные значения	Коэффициент весомости показателя
1. Показатели назначения			
1.1	Производительность станка, штук/ч	12..14	10
1.2	Точность обработки – отклонение от плоскостности на длине 500 мм, мм	0,05...0,06	8
1.3	Точность обработки– отклонение от параллельности плоскостей на длине 100 мм, мм	0,025...0,03	8
1.4	Шероховатость обработанных поверхностей по параметру R_a , мкм	2,5...3,0	8
2. Показатели надежности и долговечности			
2.1	Срок службы до капитального ремонта, год	8...10	8
2.2	Гарантийный срок, год	1,5...2	9
3. Показатели технологичности			
3.1	Коэффициент сборности (блочности) станка $K_{сб}$, ед.	1,0	4
3.2	Удельная трудоемкость, нормо-ч/кВт	360...390	5
3.3	Удельная материалоемкость, кг/кВт	700...800	5
4. Эргономические показатели			
4.1	Соответствие конструкции правилам техники безопасности, балл	5...6	7
4.2	Уровень шума, дБ	70...80	5
5. Эстетические показатели			
5.1	Внешний вид, качество отделки, упаковки, балл	4...5	5
6. Показатели стандартизации и унификации			
6.1	Применяемость унифицированных и стандартных сборочных единиц, %	60...70	8
7. Патентно-правовые показатели			
7.1	Показатель патентной защиты, ед.	0,13...0,15	6
7.2	Показатель патентной чистоты, ед.	1,0	4
	Итого:		100
8. Экономические показатели			
8.1	Цена станка, грн	150000...200000	–
8.2	Эксплуатационные расходы, грн/ч	13,5...14,5	–

Обобщенные показатели служат для сводной (суммарной) оценки отдельных свойств машины. К их числу относят, например, надежность, эстетическую и эргономические характеристики. Каждое из этих свойств определяется совокупностью нескольких показателей, например, надежность – показателями безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости. С помощью обобщенного показателя надежность, как и другие сложные свойства машины, может получить единую сводную оценку.

Интегральные показатели характеризуют эффективность или экономичность машины. Их рассчитывают в двух вариантах – либо как отношение суммарного полезного эффекта от эксплуатации машины к затратам на ее создание и работу (ед. работы/грн), либо как обратное отношение этих затрат к полезному эффекту (грн/ед. работы).

Аналогично другим видам продукции, понятие «качество» применимо не только к конечной продукции машиностроения как товару, но также и к деятельности всего предприятия, конструкторского бюро, технологического отдела, других отделов, для которых не существует заданных нормативов, но от их работы зависит качество выпускаемой продукции.

Система обеспечения качества изделия индивидуальна для каждого предприятия и поэтому не может носить универсального характера, поскольку в каждом конкретном случае зависит от масштабности предприятия и его материально-технических возможностей.

Тем не менее, общими признаками подобной системы должны быть три ее блока: проектирование качества, управление качеством и контроль качества. Эти блоки составляют постоянно действующий замкнутый контур взаимодействия отдельных составляющих.

Проектирование качества состоит в разработке перечня показателей качества изделий и установлении их количественных значений.

На этом этапе закладывается основа качества всей системы и поэтому от профессионального уровня специалистов, обеспечивающих данный этап, в конечном итоге, зависит успех предприятия в целом.

Контроль качества включает в себя вопросы по изучению и воплощению на практике тех требований, которые были определены на предыдущем этапе.

Во-первых, устанавливаются, а при необходимости проектируются средства контроля и определяются объемы испытаний с учетом выбранных контрольных признаков.

Обычно контрольные операции, проводимые с целью получения достоверных результатов измерений, требуют достаточно длительного времени. Поэтому важное место уделяется рациональному выбору и использованию наиболее производительных средств измерения.

Во-вторых, производится калибровка (юстировка) выбранных средств измерения, которые хранятся, как правило, в центральных измерительных лабораториях или метрологических центрах.

Каждое измерительное средство периодически поверяется, а результаты поверки фиксируются в его паспорте.

В-третьих, производятся измерения составляющих элементов и изделия в целом, полученные результаты обобщаются и в случае негативных данных рекомендуются мероприятия по их устранению.

Контроль качества включает в себя функции разработки мероприятий по устранению недостатков, выявленных на этапе контроля качества, внесению этих мероприятий в процесс производства изделия и контролю их исполнения. Далее результаты работы передаются на уровень проектирования качества, где они в виде заданий направляются на реализацию.

Исходя из этих плановых заданий, а также из чертежей, операционных карт, стандартов и других материалов разрабатываются дальнейшие планы проведения контроля.

Иными словами, цикл деятельности предприятия по обеспечению качества изделия повторяется и этот процесс не заканчивается, поскольку тенденция постоянного повышения качества изделий в мире имеет устойчивый характер.

Важным в структуре управления качеством является организация *потока информации* с участков проектирования контроля, проведения контроля и обработки данных контроля внутри предприятия.

Помимо очевидной информации об обработке и анализе данных о качестве и сопутствующей для этой цели соответствующей документации учитываются также расходы, связанные с достижением качества изделия.

Проектирование, управление и контроль качества вместе с информационным потоком образуют как бы единый идеологический блок под условным названием «техника обеспечения качества изделия».

В системе обеспечения качества обязательно присутствует блок вопросов, связанных с *подготовкой и повышением квалификации* сотрудников предприятия. В подобных программах достаточно четко и аргументировано должны быть освещены задачи повышения качества продукции, рассмотрены возможные варианты его достижения.

МОДУЛЬ 2. МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Лекция 6. Понятие метрологии и ее роль на современном этапе развития

В современном обществе метрология как наука об измерениях и область практической деятельности играет большую роль. Это связано с тем, что практически нет ни одной сферы человеческой деятельности, где бы ни использовались результаты измерений. На основе измерений получают информацию о состоянии производственных, экономических и социальных процессов.

С развитием науки и техники измерения все более усложняются, повышается количество измерений различных величин.

Вопросами теории и практики обеспечения единства измерений занимается метрология.

Метрология (от греч. «метро» – мера и «логос» – учение) – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и требуемой точности (ДСТУ 2681-94).

Предметом метрологии является извлечение количественной информации о свойствах объектов и процессов с заданной точностью и достоверностью.

Основными задачами метрологии являются следующие:

- обеспечение единства измерений;
- разработка и совершенствование теории измерений, методов и средств воспроизведения единиц физических величин и передачи их размеров;

- установление системы единиц, государственных эталонов и образцовых средств измерений (СИ);
- разработка методов оценки погрешностей, состояния СИ и контроля;
- практическое применение теории, методов и средств измерений, а также контроля.

Далее рассматриваются некоторые базовые термины, применяемые в метрологии.

Измерением называют совокупность операций, выполняемых с помощью технического средства, которое сохраняет единицу величины и позволяет сравнить с ней измеряемую величину. Полученное значение величины является результатом измерений. *Целью измерения и его конечным результатом является нахождение значения физической величины.*

Принцип измерений – физическое явление или эффект, положенные в основу измерений.

Метод измерений – прием или совокупность приемов сравнения измеряемой физической величины с ее единицей в соответствии с реализованным принципом измерений.

Объект измерения – тело (физическая система, процесс, явление и т. д.), которое характеризуется одной или несколькими физическими величинами.

Субъект измерения (человек, выполняющий измерение) принципиально не может охватить объект целиком, во всем многообразии его свойств и связей. Поэтому взаимодействие с объектом измерения возможно только на основе модели объекта.

Модель объекта измерения строится в соответствии с целью измерения на основе априорной информации об объекте и условиях измерения. Построение адекватной модели объекта измерения является сложной и неформализуемой задачей.

Физической величиной называют одно из свойств физического объекта (явления, процесса), которое является общим в качественном отношении для многих физических объектов и отличается по количественному значению.

Значение физической величины – оценка физической величины в принятых для измерения данной величины единицах.

Метрология изучает и имеет дело только с измерениями физических

величин, то есть. величин, для которых может существовать физически реализуемая и воспроизводимая единица величины.

Нахождение **истинного значения измеряемой физической величины** является центральной проблемой метрологии. Стандарт определяет истинное значение как значение физической величины, которое идеальным образом отражало бы в качественном и количественном отношениях соответствующее свойство объекта. Одним из постулатов метрологии является положение о том, что *истинное значение физической величины существует, однако определить его путем измерения невозможно.*

Действительное значение – значение физической величины, найденное экспериментальным путем и настолько приближающееся к истинному, что для данной цели может быть использовано вместо него.

Под **измеренным значением** понимается значение величины, отсчитанное по отсчетному устройству средства измерения.

Измеряемая физическая величина – физическая величина, подлежащая измерению в соответствии с поставленной измерительной задачей.

Влияющая физическая величина – физическая величина непосредственно не измеряемая средством измерения, но оказывающая влияние на него или на объект измерения таким образом, что это приводит к искажению результата измерения.

Постоянная величина – физическая величина, размер которой по условиям измерительной задачи можно считать не изменяющимся за время, превышающее длительность измерения.

Переменная величина – физическая величина, изменяющаяся по размеру в процессе измерения.

Погрешность результата измерения – отклонение результата измерения от истинного (действительного) значения измеряемой величины.

Средство измерения – техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и хранящее единицу физической величины, размер которой принимается неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени.

Класс точности – обобщенная характеристика средства измерительной техники, которая определяется пределами его допустимых и дополнительных погрешностей, а также другими характеристиками, которые влияют на его точность, значения которых регламентируются.

Другие термины и определения, которые касаются метрологического обеспечения, регламентированные законодательством Украины, международными стандартами, будут рассматриваться в дальнейшем изложении текста лекций.

Лекция 7. Составные части метрологии. Законодательство в области метрологии. Национальная метрологическая служба

Современная метрология включает три составляющие, рис.1.4:

- *фундаментальную (теоретическую, научную);*
- *законодательную метрологию;*
- *практическую (прикладную).*



Рисунок 1.4 – Составные части метрологии

Теоретическая (фундаментальная) метрология – раздел метрологии, предметом которого является разработка фундаментальных основ метрологии. Теоретическая метрология занимается изучением проблем измерения в целом и элементов, образующих измерение, а именно: средств изме-

рений физических величин и их единиц, методов и методик измерений, результатов и погрешностей измерений и других составляющих. Также в сферу интересов теоретической метрологии входит определение наиболее точных значений важнейших физических констант, необходимых для многих отраслей науки и техники.

Законодательная метрология – раздел метрологии, предметом которого является установление обязательных технических и юридических требований по применению физических величин, их единиц, эталонов, методов и средств измерений, направленных на обеспечение единства и точности измерений. Законодательная метрология включает совокупность взаимообусловленных правил и норм для обеспечения единства измерений.

Практическая (прикладная) метрология – раздел метрологии, предметом которого являются вопросы практического применения разработок теоретической метрологии и положений законодательной метрологии.

Неуклонно возрастающая значимость и ответственность измерений и измерительной информации обусловили необходимость установления в законодательном порядке целого комплекса правовых и нормативных положений, соблюдение которых направлено на обеспечение единства и требуемой точности измерений.

Законодательные основы украинской метрологии определены сегодня самыми высокими актами – Конституцией Украины, Законом Украины «Про метрологію та метрологічну діяльність» (Відомості Верховної Ради, 2014, № 30, ст.1008), ДСТУ (например, ДСТУ 2681-94 «Метрологія. Терміни та визначення», ДСТУ2682-94 «Метрологічне забезпечення. Основні положення» и т. д.).

В частности, положения Конституции Украины закрепляют централизованное руководство основными вопросами законодательной метрологии (единицы величин, эталоны и связанные с ними другие метрологические основы), *статья 91: « ...Виключно законами України встановлюються: ... одиниці ваги, міри і часу, порядок встановлення державних стандартів».*

Закон Украины «Про метрологію та метрологічну діяльність» устанавливает правовые основы обеспечения единства измерений, регулирует отношения государственных органов управления с юридическими и физи-

ческими лицами по вопросам изготовления, выпуска, эксплуатации, ремонта и импорта средств измерений. Он направлен на защиту прав и законных интересов граждан, установленного правопорядка и экономики Украины от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений.

Закон определяет:

- основные метрологические понятия (приведены определения основных метрологических терминов);
- сферу законодательно регулируемой метрологии;
- структуру и задачи метрологической системы Украины;
- единицы измерения величин, национальные эталоны, средства измерительной техники и методики выполнения измерений;
- структуру национальной метрологической службы;
- оценку соответствия и поверку средств измерительной техники;
- особенности метрологического надзора;
- финансирование метрологической деятельности;
- признание результатов метрологических работ, проведенных в других государствах;
- ответственность за нарушение законодательства в области метрологии и метрологической деятельности.

К юридическим и физическим лицам, а также к государственным органам управления, виновным в нарушении метрологических правил и норм, применяются соответствующие положения действующего административного, гражданского или уголовного законодательства. В соответствии с законодательством о труде физические лица могут привлекаться к дисциплинарной ответственности администрацией предприятия.

***Метрологическая служба** – это совокупность субъектов деятельности и видов работ, направленных на обеспечение единства измерений.*

Структура метрологической службы Украины определяется в соответствии со *статьей 9 Закона Украины «Про метрологію та метрологічну діяльність»*, рис. 1.5.

В состав Государственной метрологической службы входят:

- специально уполномоченный центральный орган исполнительной власти (ЦОИВ) в сфере метрологии (Госпотребстандарт);

- национальный научный метрологический центр (ННЦ «Институт метрологии»);
- государственные научные метрологические центры (Укрметртест-стандарт, ГНИИ «Система»);
- территориальные (региональные) органы ЦОИВ;
- Государственные службы:
 - Государственная служба единого времени и частот;
 - Государственная служба стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов;
 - Государственная служба стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов и т. д.

Национальная метрологическая служба обеспечивает проведение единой технической политики в Украине по обеспечению единства измерений путем организации и проведения следующих мероприятий:

- организации проведения фундаментальных исследований в области метрологии;
- организации создания и функционирования эталонной базы Украины;
- определения порядка создания, утверждения, регистрации и применения эталонов, а также сверки их с международными эталонами и эталонами других стран;
- координацию деятельности метрологической службы Украины;
- определения общих метрологических требований к средствам измерительной техники, методам и результатам измерений;
- утверждения типов средств измерительной техники;
- определения общих требований относительно порядка проведения калибровки и метрологической аттестации средств измерительной техники;
- определения общих требований к разработке и аттестации методик выполнения измерений;
- организации обучения по метрологии, стандартизации и сертификации с целью повышения квалификации инженерно-технического персонала предприятий, участия в деятельности международных метрологических организаций в порядке, предусмотренном законодательством.

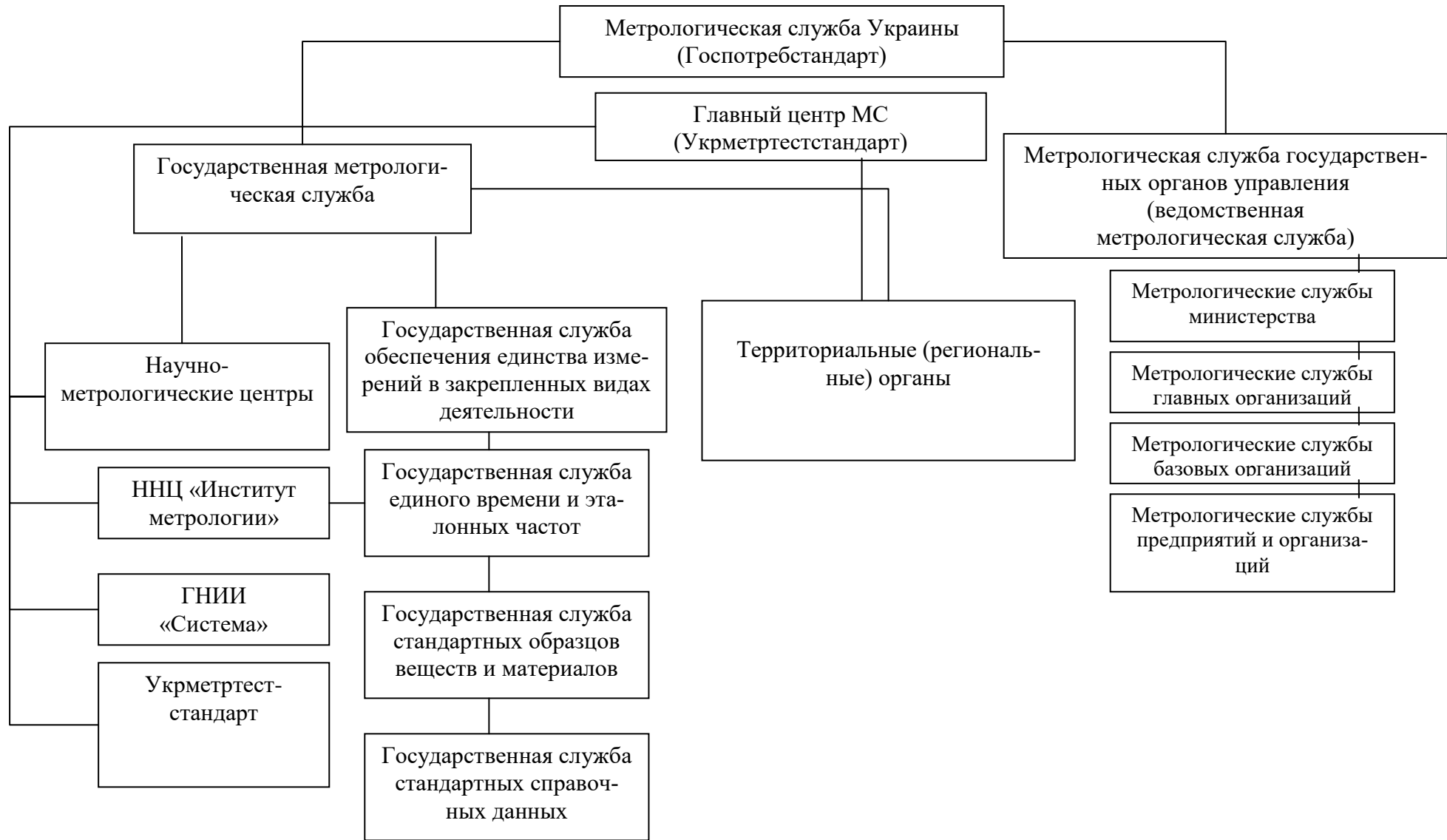


Рисунок 1.5 – Структурная схема метрологической службы Украины

Национальная метрологическая система обеспечивает единство измерений в стране и направлена на осуществление следующих функций:

- реализацию единой технической политики в области метрологии;
- защиту граждан и национальной экономики от последствий недостоверных результатов измерений;
- экономию всех видов материальных ресурсов;
- повышение уровня фундаментальных исследований и научных разработок;
- обеспечение качества и конкурентоспособности отечественной продукции;
- создание научно-технических, нормативных и организационных основ обеспечения единства измерений в государстве.

Общее руководство государственными метрологическими службами осуществляет Госпотребстандарт Украины и Государственное предприятие Всеукраинский государственный научно-производственный центр стандартизации, метрологии, сертификации и защиты прав потребителей (Укрметртестстандарт), на который Госпотребстандартом возложены функции Главного Центра метрологической службы Украины.

Украина принимает активное участие в *международных организациях по метрологии* и в других международных организациях, в которых обсуждаются вопросы метрологии.

Наиболее весомыми международными метрологическими организациями являются *Международная организация мер и весов (МОМВ)* и *Международная организация законодательной метрологии (МОЗМ)*.

Международная организация мер и весов (МОМВ, CIRM) – старейшая межправительственная научно-техническая организация, основанная в 1875 г. в соответствии с подписанной 17-ю странами Метрической конвенцией с целью унификации применяемых в разных странах систем единиц измерения, установления фактического единообразия эталонов длины и массы.

В 1875 г. было создано *Международное бюро мер и весов (МБМВ, BIPM)* – первая международная научно-исследовательская лаборатория, которая хранит и поддерживает важнейшие международные эталоны. Главная практическая задача МБМВ – сличение национальных эталонов с международными эталонами различных единиц измерений.

Научное направление работы МБМВ – совершенствование международной системы измерений и эталонов единиц, разработка и применение новых методов и средств точных измерений, координация метрологических исследований в различных странах.

Международная организация законодательной метрологии (МОЗМ, OIML) учреждена в 1956 г. Ее целью является разработка общих вопросов законодательной метрологии, в том числе обеспечение единообразия определения типов средств измерений, установление единообразия метрологических характеристик средств измерений.

МОЗМ издает два вида документов – международные рекомендации и международные документы, которые предна охватывают следующие вопросы: терминология в области метрологии, требования к метрологическим характеристикам средств измерений, способы выражения погрешностей средств измерений и результатов измерений, требования к метрологической деятельности (испытания, поверка, сертификация, калибровка средств измерений, метрологический контроль и надзор за обеспечением единства измерений и т. д.).

Из других международных метрологических организаций необходимо отметить *Международную конфедерацию по измерительной технике и приборостроению (ИМЕКО, IMEKO)* – неправительственную организацию, объединяющую научные и инженерные общества, занимающиеся вопросами измерений. Цель ИМЕКО – содействие международному сотрудничеству и обмену научной и технической информацией.

В Центральной и Восточной Европе действует созданная в 1991 г. *Организация сотрудничества государственных метрологических организаций стран Центральной и Восточной Европы (КООМЕТ)*.

В странах Западной Европы в 1987 г. создана *Европейская метрологическая организация (ЕВРОМЕТ)*, которая объединяет страны-члены ЕС.

Западно-Европейское объединение по законодательной метрологии (ВЕЛМЕТ) создано в 1989 г. с целью координации деятельности национальных метрологических служб в области законодательной метрологии для устранения препятствий в торговле в рамках ЕС.

Вопросами метрологии занимаются такие авторитетные международные организации по стандартизации, как *ИСО*, (*ISO – Международная организация по стандартизации*); *МЭК* (*МЕС – Международная электротехническая комиссия*), *МКО* (*ИСИ – Международная комиссия по освещению*). Не являясь формально метрологическими организациями, они в то же время разрабатывают стандарты и рекомендации по метрологической терминологии и методикам выполнения измерений при испытаниях продукции, по установлению шкал измерений.

Специальными вопросами метрологии и измерительной техники занимается и ряд других международных организаций, таких как: *МККР* – Международный консультативный комитет по радиосвязи; *МККТТ* – Международный консультативный комитет по телефонии и телеграфии; *ИКАО* – Международная организация гражданской авиации; *МАГАТЭ* – Международное агентство по атомной энергетике; *КОСТРА* – Комитет по исследованию космического пространства и т. д.

Лекция 8. Метрологическое обеспечение как составная часть систем управления качеством продукции. Единство измерений.

Метрологическое обеспечение на этапах жизненного цикла продукции

Технической основой национальной метрологической службы является метрологическое обеспечение.

Под метрологическим обеспечением понимается установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения *единства и требуемой точности измерений*. (ДСТУ2682-94 «Метрологічне забезпечення. Основні положення», Закон Украины «Про метрологію та метрологічну діяльність», 2014 г. и т. д.).

Единство измерений – состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах и погрешности результатов не выходят за установленные границы с заданной вероятностью. Такие результаты можно сопоставлять, они могут использоваться в различных сочетаниях, различными людьми, организациями.

В широком смысле метрологическое обеспечение рассматривается как область, охватывающая теорию, методы, средства и организационные

правила обеспечения единства и точности измерений, контроля и испытаний с целью обеспечения высокой эффективности производства, эксплуатации технических объектов и достоверности научного эксперимента. В узком смысле под метрологическим обеспечением понимают работу метрологических служб, а иногда и работы по проведению высокоточных измерений, создание специальных контрольно-измерительных и испытательных устройств конкретного применения

Главной задачей метрологического обеспечения является рациональная организация измерительного процесса, обеспечения достоверности его результатов, что достигается комплексом средств и организационно-технических мероприятий на государственном, отраслевом уровнях, а также на уровне предприятий, которые позволяют поддерживать средства технических измерений в постоянной готовности к проведению измерений с заданной точностью.

Научной основой метрологического обеспечения является метрология как наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и требуемой точности.

Законодательной основой метрологического обеспечения являются Законы Украины, Декреты и постановления Кабинета Министров Украины, которые направлены на обеспечение единства измерений. Этому вопросу посвящены, например, Законы Украины «Про метрологію та метрологічну діяльність» (2014) и «Про внесення змін до Кодексу України про адміністративні правопорушення щодо відповідальності за порушення у сфері метрологічної діяльності», Постановления Кабинета Министров «Про організацію роботи, спрямовану на створення державних систем стандартизації, метрології та сертифікації», «Про державний нагляд за додержанням стандартів, норм і правил та відповідність за їх порушення», «Про затвердження Положення про особливості метрологічної діяльності у сфері наукових досліджень» и т. д.

Организационной основой является метрологическая служба страны, функционирующая в соответствии с *Законом Украины «Про метрологію та метрологічну діяльність»*, состоящая из Государственной метрологической службы, и метрологических служб органов исполнительной власти, предприятий и организаций.

Организационной основой метрологического обеспечения конкретного предприятия является метрологическая служба предприятия, которая включает следующие аспекты ее организации:

- единство и централизованность обслуживания подразделений предприятия;
- схему организационной структуры и отдельных звеньев в составе службы;
- административную и методическую подчиненность как структурной единицы предприятия или объединения, а также государственным и ведомственным метрологическим службам (с учетом особенностей организации в ведомствах главных и базовых метрологических служб).

Технической основой метрологического обеспечения в масштабе предприятия являются следующие мероприятия:

- воспроизведение на предприятии физических величин с помощью рабочих эталонов или образцовых средств измерений;
- введение в эксплуатацию общепромышленных рабочих средств измерений, разработка и обязательная метрологическая аттестация нестандартных средств измерений, предназначенных для определения с необходимой точностью характеристик продукции и показателей технологических процессов, получение измерительной информации при испытаниях, контроле, научных исследованиях и учете материальных ценностей;
- передача размеров единиц физических величин рабочим средствам измерений, применяемым на предприятии, путем осуществления обязательной государственной и ведомственной поверки средств измерений с целью достижения идентичности парка средств измерений при их эксплуатации и ремонте;
- в ряде случаев создание на предприятии стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов, необходимых для воспроизведения и передачи размеров величин, коэффициентов или условной шкалы свойств, которые характеризуют состав веществ и материалов;
- использование и при необходимости разработка стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов, предназначенных для получения достоверных результатов при научных исследованиях, разработке конструкций и технологических процессов изготовления изделий и материалов.

Классификация основ метрологического обеспечения является достаточно условной, поскольку каждое из направлений формируется путем проведения обширных научных исследований, организационно-технических и методических мероприятий, планируемых в соответствии с документами стандартов на уровне ведомств и непосредственно на предприятиях. Это необходимо учитывать при решении практических задач и достижении основных целей метрологического обеспечения в рамках каждого предприятия в процессе разработки и производства продукции.

Целями метрологического обеспечения являются:

- повышение качества продукции и эффективности производства;
- оптимизация управления производством;
- обеспечение взаимозаменяемости деталей, узлов, агрегатов;
- повышение эффективности научно-методологических работ, экспериментов и испытаний;
- оптимизация системы учета и повышение эффективности использования материальных ценностей и энергетических ресурсов;
- оптимизация системы нормирования и контроля условий труда и быта;
- охрана окружающей среды;
- оценка и экономное использование природных ресурсов и т. д.

Эти цели реализуются путем внедрения государственной политики в сфере метрологии, стандартизации, сертификации, которую осуществляет Госпотребстандарт Украины. Основная цель политики – поддержка отечественного производителя, повышение конкурентоспособности украинской продукции, способствование ее выходу на международный рынок, защита прав граждан Украины на потребление безопасной для жизни, здоровья и окружающей среды продукции.

К основным заданиям метрологического обеспечения на уровне предприятий и организаций следует отнести осуществление метрологического контроля в сферах своей деятельности, то есть метрологическая аттестация и калибровка средств технических измерений; аккредитация калибровочных и измерительных лабораторий; метрологическая экспертиза документации и отчетов о научно-

исследовательских работах и аттестация методик выполнения измерений; метрологический надзор за обеспечением единства измерений.

Проблема обеспечения высокого качества продукции тесным образом связана с проблемой качества измерений. Между ними явно прослеживается непосредственная связь: там, где качество измерений не соответствует требованиям технологического процесса, невозможно достичь высокого уровня качества продукции. Поэтому обеспечение качества в значительной степени зависит от успешного решения вопросов, связанных с точностью измерений параметров качества материалов и комплектующих изделий, поддержания заданных технологических режимов процессов.

Метрологическое обеспечение производства, основанное на практическом использовании положений метрологии, является составной частью системы управления качеством и одной из основных предпосылок достижения требуемого качества выпускаемых изделий.

Общая схема метрологического обеспечения приведена на рис. 1.6.

Из этого следует, что метрологическое обеспечение является важнейшей составной частью функционирования современного производства.

Система качества каждого предприятия разрабатывается с учетом конкретной деятельности предприятия, специфики изготавливаемой продукции и рынка сбыта, однако в каждом случае она должны охватывать все стадии жизненного цикла продукции, т.е. должна быть учтена так называемая «петля качества», включающая следующие виды деятельности – маркетинг, поиск и изучение рынка, проектирование и разработку продукции, подготовку и разработку производственных процессов, материально-техническое снабжение, производство, контроль, проведение испытаний и обследований, пакетирование и хранение, реализацию и распределение, монтаж и эксплуатацию, техническую помощь и обслуживание, послепродажную деятельность, утилизацию после использования.

Система качества может быть эффективной только при условии, что она функционирует в системе управления качеством в тесной взаимосвязи со всеми видами деятельности, которые влияют на качество продукции, т.е. обеспечивает управление качеством на всех участках «петли качества».

Соответственно, метрологическое обеспечение важно на всех этапах оценки качества промышленной продукции.

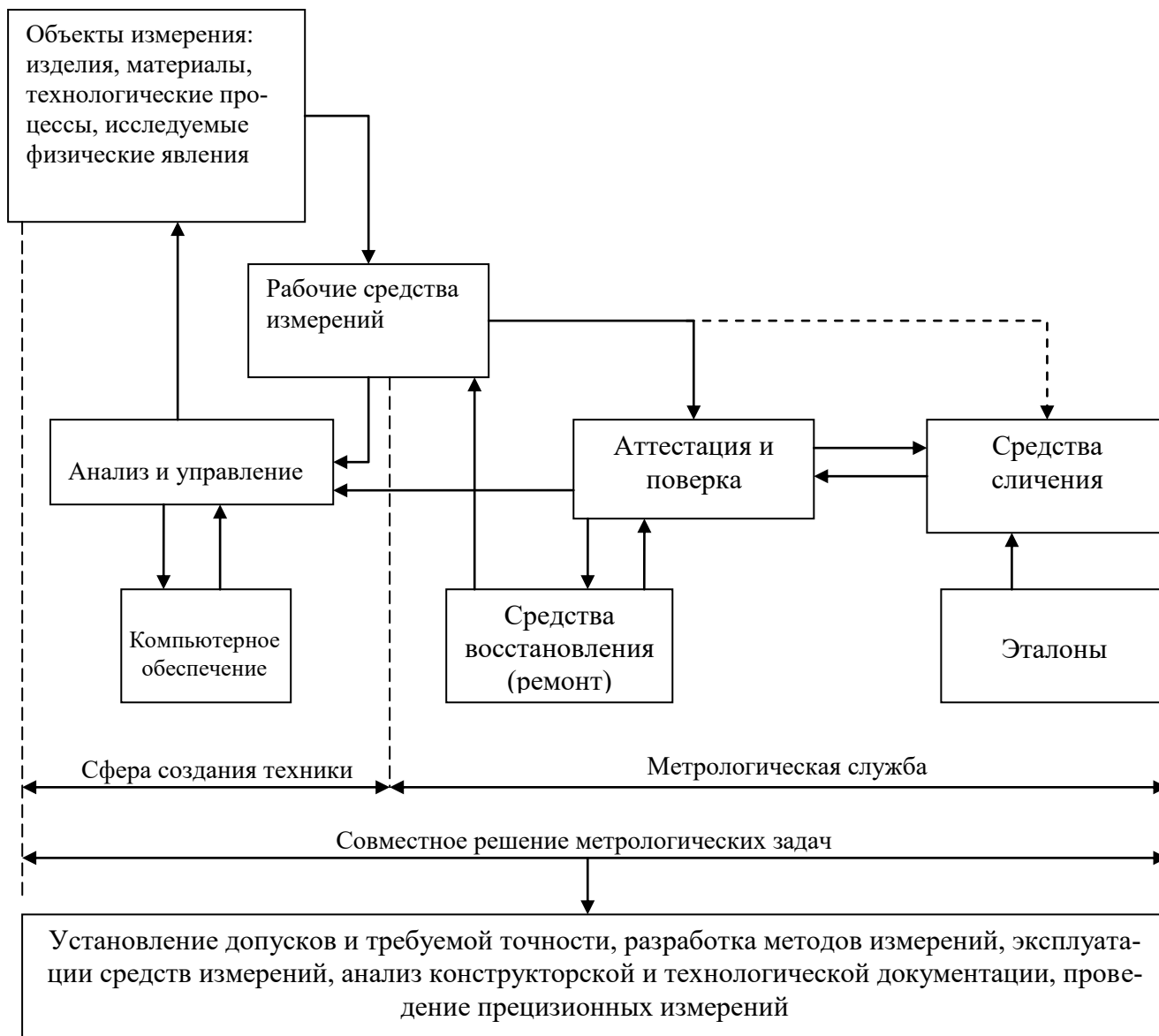


Рисунок 1.6 – Схема метрологического обеспечения

Например, *метрологическое обеспечение подготовки производства* подразумевает комплекс организационно-технических мероприятий, обеспечивающих определение с требуемой точностью характеристик изделий, узлов, деталей, материалов, сырья, параметров технологического процесса, оборудования и позволяющих добиться значительного повышения качества выпускаемой продукции и снижения непроизводительных затрат на ее разработку и производство. Нормативной базой подготовки производства

являются государственные и отраслевые стандарты, стандарты предприятий, производственная документация.

Метрологическое обеспечение подготовки производства включает в себя следующие виды деятельности.

1). Установление рациональной номенклатуры измерительных параметров и норм точности, обеспечивающих достоверность входного и приемочного контроля изделия, а также контроля характеристик технологического процесса и оборудования. Нормы точности измерений регламентированы в ряде стандартов на методы измерения, анализа и испытаний.

2). Обеспечение технологических процессов наиболее совершенными методиками выполнения измерений, гарантирующих необходимую точность измерений, аттестацию и стандартизацию этих методик (в комплект разрабатываемых методик должны входить методики, обеспечивающие безопасность и охрану труда).

3). Обеспечение (снабжение, разработка, изготовление) производства средств измерений, в том числе и специального назначения, средств обработки и представления информации, а также нестандартных средств измерений.

4). Обеспечение метрологического обслуживания и поверки средств измерения.

5). Обеспечение условий выполнения измерений, установленных научно-технической документацией.

6). Подготовка производственного персонала и работников соответствующих служб к выполнению контрольно-измерительных операций, поверки, юстировки средств измерений.

7). Организация и проведение метрологического контроля и экспертизы конструкторско-технической документации.

Работы по метрологическому обеспечению подготовки производства выполняют конструкторские, метрологические и технологические службы с момента получения исходных документов на изделия. Состав исходных документов определяется отраслевыми стандартами. Методическое руководство реализацией мероприятий осуществляют государственные ведомственные метрологические службы.

Метрологическое обеспечение на этапе производства заключается в поддержании и проверке правильности организации технологических процессов на всех его этапах.

Первым и весьма ответственным этапом является входной контроль поступающего сырья и комплектующих изделий. Анализ метрологического обеспечения на данном этапе включает в себя установление правильности организации входного контроля, в том числе оптимальный выбор номенклатуры контролируемых параметров и обеспеченности рабочих мест средствами и методиками измерений, а также соответствие организации входного контроля требованиям ГОСТ 24297-87 «Входной контроль качества продукции».

При анализе метрологического обеспечения процесса изготовления необходимо уделять особое внимание состоянию технологичной оснастки (наличие паспортов; соответствие размеров, указанных в паспортах, чертежах на техоснастку, чертежным размерам на деталь; фактические размеры; внешний вид и т. д.).

Контроль технического оборудования на технологичную точность проводится с целью определения готовности технологического оборудования обеспечить режим по заданной технологической документации.

Необходимо также проводить проверку состояния и правильности применения средств измерений.

Работникам отдела технического контроля и всему производственному персоналу необходимо соблюдать методики выполнения измерений.

Одно из важнейших направлений метрологического обеспечения— это метрологическое обеспечение качества работ по сертификации и стандартизации продукции.

Для реализации серии законодательных актов Украины (таких, как Закон «Про захист прав споживачів», 2017; Закон «Про стандартизацію», 2015; Декрет Кабинета Министров Украины «Про стандартизацію та сертифікацію», 1993; Закон «Про енергозбереження», 1994 и т. д.) необходимо использование достоверной и сопоставимой метрологической информации.

Эффективное сотрудничество с другими странами, совместные разработки научно-технических программ, дальнейшее развитие торговых от-

ношений требуют взаимного доверия к измерительной информации, являющейся, по существу, основным объектом обмена при совместном решении научно-технических проблем, основой взаимных расчетов при торговых операциях, заключении контрактов на поставку материалов, изделий и оборудования. Создание единого подхода к измерительной информации гарантирует взаимопонимание, возможность унификации и стандартизации методов и средств измерений и испытаний продукции в международной системе товарообмена.

Перечисленные выше положения представляют собой своеобразную систему, изъятие из которой какого-нибудь звена неизбежно приводит к получению недостоверной информации и, как следствие, к значительным экономическим потерям и принятию ошибочных решений и т. д.

Вопросы, касающиеся отдельных звеньев этой системы, будут рассмотрены далее.

Следует также отметить, что в деятельности по метрологическому обеспечению участвуют не только метрологи, то есть лица или организации, ответственные за единство измерений, но и каждый специалист или как потребитель количественной информации, в достоверности которой он заинтересован, или как участник процесса ее получения и обеспечения измерений.

Лекция 9. Метрологическая экспертиза технической документации

Согласно ДСТУ-Н РМГ 63-2013 («Забезпечення ефективності вимірювання під час керування технологічними процесами. Метрологічна експертиза технічної документації») *метрологическая экспертиза* – это анализ и оценка технических решений по выбору параметров, подлежащих измерениям, установлению требований к точности измерений и обеспечению методами и средствами измерения процессов разработки, изготовления, испытания, эксплуатации и ремонта продукции.

Метрологическая экспертиза является формой участия специалистов-метрологов в разработке технической документации. Целью такого участия является выявление ошибочных или недостаточно обоснованных решений по

метрологическому обеспечению и оказание помощи разработчику в поиске наиболее рациональных решений.

Введение метрологической экспертизы приводит к совершенствованию метрологического обеспечения производства и, как следствие, способствует повышению качества выпускаемой продукции.

Метрологическая экспертиза должна способствовать рациональному решению двух основных вопросов метрологического обеспечения производства изделий: какие параметры следует измерять и с какой точностью должны быть выполнены данные измерения, а также связанной с ними задачи выбора средств и методик выполнения измерений.

В связи с этим *задачами метрологической экспертизы технической документации являются следующие:*

- оценка рациональности номенклатуры измеряемых параметров;
- оценка оптимальности требований к точности измерений;
- оценка соответствия точности измерений заданным требованиям;
- оценка полноты и правильности требований к точности средств измерений;
- оценка контролепригодности конструкции (возможности контроля необходимых параметров процесса изготовления, испытаний, эксплуатации и ремонта);
- оценка возможности эффективного обслуживания выбранных средств измерений;
- оценка рациональности выбранных средств и методик выполнения измерений;
- анализ использования вычислительной техники в измерительных операциях;
- контроль метрологических терминов, наименований измеряемых величин и обозначений их единиц.

Метрологической экспертизе подвергают документацию на продукцию основного и вспомогательного производств, содержащую требования к средствам измерений, условиям, процедуре измерений, а также нормы и показатели точности измерений: документы на стадии разработки технического задания; документы, используемые на стадии разработки конструкции (техническое предложение, эскизный проект, технический проект); рабочую конструкторскую документацию; перспективные проекты технологической документации и рабочую технологическую документацию; документы на стадии изготовления изделий (например, извещения об

изменениях документации). Объекты анализа, рекомендуемые для метрологической экспертизы различной технической документации представлены в табл.1.4.

Таблица 1.4 – Виды технической документации и соответствующие объекты анализа при метрологической экспертизе (ДСТУ-Н РМГ 63-2013)

Объекты анализа при метрологической экспертизе	Виды технической документации								
	технические задания, предложения (заявки)	отчеты о НИР, пояснительные записки к техническим и эскизным проектам	протоколы испытаний	технические условия, проекты стандартов	эксплуатационные и ремонтные документы	программы и методики испытаний	технологические инструкции и регламенты	технологические карты	проектные документы
Рациональность номенклатуры измеряемых параметров		•		•	•	•	•	•	•
Оптимальность требований к точности измерений	•	•		•		•	•		•
Объективность и полнота требований к точности средств измерений	•	•		•	•	•	•		•
Соответствие фактической точности измерений требуемой		•	•	•	•	•	•	•	
Контролепригодность конструкции (схемы)		•			•				•
Возможность эффективного метрологического обслуживания средств измерений	•	•		•	•		•		•
Рациональность выбранных методик и средств измерений		•	•	•	•	•	•	•	•
Применение вычислительной техники		•		•		•	•		•
Метрологические термины, наименование измеряемых величин и обозначение единиц	•	•	•	•	•	•	•	•	•

Результаты метрологической экспертизы фиксируют в форме замечаний, которые носят характер предписаний, обязательных к исполнению. В большинстве случаев эти замечания должны сопровождаться предложениями, направленными на устранение недостатков.

Замечания должны быть конкретными и понятными без устных пояснений эксперта, а предложения могут быть как конкретными (например, заменить одно средство измерения другим), так и более общими (например, заменить измерительную базу, без указания вариантов замены, обосновать выбор нормируемого параметра и т. д.).

Другая типичная форма оформления результатов метрологической экспертизы – экспертное заключение. Оно составляется при оформлении результатов документации, поступившей от других организаций, результатов метрологической экспертизы специально назначенной комиссией, результатов экспертизы, после которой необходимо вносить изменения в

действующую документацию или разрабатывать мероприятия по совершенствованию метрологического обеспечения.

Например, целью рабочей конструкторской документации является оценка возможности контроля установленных в документации норм точности, достоверности и экономической целесообразности методов контроля.

Одной из главных задач метрологической экспертизы рабочей конструкторской документации является анализ рациональности номенклатуры параметров, подлежащих измерениям, см. табл. 1.4.

При наличии качественных требований, предполагающих органолептический контроль, необходимо проанализировать необходимость и возможность их замены на требования к физическим величинам, проверяемым путем измерений. Иногда такая замена возможна, но нецелесообразна, например, в случае контроля параметров, повышение объективности и достоверности которых не оправдывает дополнительные затраты на организацию измерений.

Изменение номенклатуры измеряемых параметров осуществляют по результатам оценки их влияния на служебное назначение изделия, взаимосвязи между собой, а также экономической целесообразности соответствующих контрольно-измерительных операций.

Так, в ряде случаев, из-за удобства измерения целесообразно заменять раздельное нормирование отклонений формы и расположения поверхностей деталей нормированием суммарных отклонений этих параметров геометрической точности, тем более что во многих случаях точность формы и расположения поверхностей одновременно влияют на эксплуатационные свойства деталей. К таким параметрам можно отнести отклонения от плоскостности и параллельности, плоскостности и перпендикулярности и некоторые другие, часто нерационально нормируемые и измеряемые раздельно.

С другой стороны, иногда целесообразно нормируемые комплексные параметры геометрической точности заменять дифференцированными.

Например, измерение комплексного параметра точности формы цилиндрических поверхностей – отклонения от цилиндричности зачастую недостаточно обеспечено производственными измерительными средства-

ми. Поэтому рекомендуют отдельно нормировать и измерять отклонения от круглости и профиля продольного сечения.

При проверке правильности взаимной увязки допусков формы, расположения, а также шероховатости поверхностей и допусков на размеры, проставляемые на чертеже детали, следует руководствоваться ГОСТ 24643-81 («Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей») и соответствующими рекомендациями.

При экспертизе контролепригодности установленных норм точности основное внимание уделяют анализу возможности измерения указанных в конструкторской документации параметров точности изделия существующими измерительными средствами. Если такая возможность отсутствует, проверяют обоснованность назначения указанных параметров точности и их допусков.

При этом необходимо учитывать, что одни и те же свойства изделия могут быть обеспечены нормированием различных параметров. Например, при отсутствии в единичном производстве комплексных калибров для контроля позиционного отклонения осей отверстий под крепеж, возможна замена в соответствии с ГОСТ 28187-89 («Основные нормы взаимозаменяемости. Отклонения формы и расположения поверхностей. Общие требования к методам измерений») позиционных допусков предельными отклонениями координирующих размеров.

Проверка полноты и правильности требований к точности средств измерения производится, как правило, если нормируемые параметры непосредственно не проверяются, а используются косвенные методы измерения.

При косвенных измерениях погрешность средств измерений составляет часть погрешности измерений. В таких случаях необходимо представление о методической составляющей погрешности измерений.

При проверке правильности требований к точности средств измерения следует учитывать, что чрезмерный запас по точности экономически не оправдан. Чем точнее средство измерения, тем выше затраты на измерения, в том числе затраты на метрологическое обслуживание этих средств.

Достоверность измерений линейных размеров можно оценить величиной параметров m (количество неправильно принятых деталей), n (ко-

личество неправильно забракованных деталей) и c (возможный выход за границу поля допуска у неправильно принятых деталей), определяемыми по ГОСТ 8.051-81 («Государственная система обеспечения единства измерений. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм») в зависимости от точности технологического процесса обработки деталей и точности измерений. Указанные параметры должны находиться в пределах допустимых конструктивных (m , c) и экономических (n) требований.

При оценке *правильности использования метрологических терминов*, наименований измеряемых величин и обозначений их единиц проверяют выполнение требований ДСТУ 2681-94 («Метрологія. Терміни та визначення») и т. д. Правильное использование терминологии – залог предотвращения ошибок и неоднозначности в содержании технической документации.

В документации разрешается применение единиц международной системы ($СИ$, SI), кратных и дольных единиц SI , единиц, допущенных к применению наравне с единицами SI .

Одним из наиболее важных и ответственных этапов метрологической экспертизы конструкторской документации является *метрологическая экспертиза рабочих чертежей машин и приборов*, целью которой является установление возможности контроля заложенных в чертеже норм точности.

Метрологическая экспертиза чертежа детали выполняется в следующей последовательности.

1. Проверяют соответствие (необходимость и достаточность) указанных непосредственно на чертеже и в технических требованиях допусков размеров, формы, расположения и шероховатости поверхностей служебному назначению детали и соответствующим государственным стандартам.

2. Проверяют правильность терминологии в назначенных технических требованиях, соответствие наименований измеряемых величин и обозначение их единиц Международной системе единиц.

3. Проверяют взаимную увязку допусков размеров, взаимного расположения и шероховатости поверхностей детали.

4. Определяют контролепригодность указанных в п. 3 допусков.

5. Определяют достоверность контроля назначенных норм точности.

Результаты метрологической экспертизы оформляют в виде замечаний и предложений. Документацию вместе со списком замечаний и предложений возвращают разработчику для внесения исправлений.

Цели *метрологической экспертизы технологической документации* те же, что и рабочей конструкторской документации.

Если метрологическая экспертиза рабочей технологической документации предшествовала экспертизе рабочей конструкторской документации, то анализу могут подвергаться только нормы точности, установленные сверх норм, имеющих в конструкторской документации.

Например, введенные технологической службой производственные допуски или допуски на межоперационные размеры (отклонения формы или расположения поверхностей, а также шероховатости).

При невозможности или затруднении контроля в условиях производства методами и средствами измерения, предусмотренными в технологической документации, проверяют обоснованность установленных норм точности и рассматривают вопрос о замене средств измерений более точными или вводят производственный допуск, позволяющий использовать менее точное измерительное средство.

При этом следует учитывать, что введение производственного допуска может привести к увеличению количества неправильно забракованных деталей, что, в свою очередь, способствует увеличению себестоимости изделия.

Если процент ложного брака окажется недопустимо большой, то технологическим службам предлагается рассмотреть вопрос о повышении точности технологического процесса.

Основными задачами метрологической экспертизы технологических документов являются:

- анализ достаточности методов контроля, устанавливаемых в технологической документации норм точности;
- проверка соответствия производительности метода контроля производительности технологического процесса (при недостаточной производительности метода контроля рассматривают возможность применения статистических методов контроля, полуавтоматических или автоматических измерительных средств или методов активного контроля);
- проверка полноты и определенности описания операций контроля (полнота описаний зависит от вида технологического документа); если в

технологическом документе не представляется возможным дать полное описание метода контроля, то на эту операцию должна быть составлена операционная карта технологического контроля или технологическая инструкция;

- расчет экономичности выбранного метода контроля;
- анализ правильности указаний по организации и проведению измерений для обеспечения безопасности труда и окружающей среды.

МОДУЛЬ 3. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС И ЕГО КАЧЕСТВО

Лекция 10. Основные принципы измерений. Измерительный процесс. Информационные измерительные технологии

Физические величины, являющиеся объектом измерений в метрологии, имеют количественные и качественные характеристики.

Количественной характеристикой измеряемой величины служит значение величины (ее размер).

Размер является объективной характеристикой, не зависящей от выбора единиц измерений.

Простейший способ получения информации о размерах однородных величин состоит в сравнении их с одним и тем же известным размером, который принят за меру.

Применительно к кардинальным измерениям (то есть измерениям наивысшего уровня, когда устанавливается соотношение между значением той или иной величины и значением эталонной величины, определенной заранее) существует принятый в международном масштабе стандарт меры, которая ради простоты принята равной единице. Поэтому в случае кардинальных измерений *мера задает единичное значение измеряемой величины* и называется *единицей измерения* (размером меры). Таким образом, результат кардинального измерения скалярной физической величины можно выразить как

$$X = \{x\}[x], \quad (1.1)$$

где X – измеряемая величина, $[x]$ – единица измерения величины, $\{x\}$ – числовое значение величины в принятых единицах.

В классической метрологии это выражение называют основным уравнением измерений.

Увеличение или уменьшение размера единицы измерения $[x]$ влечет за собой обратно пропорциональное изменение числового значения $\{x\}$; при этом значение величины X остается неизменным: оно не зависит от выбора единиц измерения.

*Формализованным отражением качественного различия между измеряемыми величинами является их **размерность**.*

Размерность – это выражение, отражающее связь данной производной величины с основными величинами системы. Оно представляет собой произведение основных величин, возведенных в соответствующую степень, называемую показателем размерности. Размерность основной единицы совпадает с ее символом в степени, равной 1.

Обозначение размерности установлено международным стандартом *ISO*, им является символ *dim*.

Размерность некоторых основных единиц системы *SI*:

- длина: $\dim l = L$ (наименование единицы – метр);
- масса: $\dim m = M$ (наименование единицы – килограмм);
- время: $\dim t = T$ (наименование единицы – секунда).

Для производной величины размерность выражается посредством размерности основных величин и степенного одночлена:

$$\dim Y = L^k M^l T^m, \quad (1.2)$$

где k, l, m – показатели степени размерности основных величин.

Размерной называется величина, в размерности которой хотя бы одна из основных величин возведена в степень, не равную нулю. Соответственно безразмерной называется величина, в размерность которой основные величины входят в степени, равной нулю.

Предметом метрологии является получение количественной или качественной информации о свойствах объектов окружающего мира путем измерения.

Некоторые уточнения понятия измерения.

- Измерять можно лишь свойства *реально существующих объектов познания*, отражаемые физическими величинами.

- Измерение основывается на *экспериментальных процедурах*; никакие теоретические рассуждения или расчеты сами по себе не могут классифицироваться как измерение.

- Для проведения измерительного эксперимента необходимы особые технические средства – *средства измерений*.

- *Результатом измерения является оценка физической величины в виде некоторого числа принятых для нее единиц.*

С учетом этих положений можно дать следующее определение.

Измерение – *нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.*

Основываясь на приведенном определении измерения, можно формально утверждать, что понятию «измерение» соответствует лишь такой информационный процесс, при котором измерительная информация, возникающая при взаимодействии средства измерения с объектом измерения, преобразуется так, чтобы в итоге *получить результат измерения в виде именованного числа в явном виде.*

Однако в технике широко распространены информационные структуры и процессы, в которых измерительная информация используется в форме сигнала (например, электрического). Данная информация является исходной для решения задач, конечной целью которых является не получение оценки значения физической величины в принятых единицах, а формирование на основе обработки и анализа этого сигнала определенных *суждений, логических заключений* об объекте («годен – не годен», «исправен – не исправен», «больше – меньше»).

К числу таких задач относятся **контроль качества**, диагностирование технического состояния систем и машин, управление технологическими процессами и т. д.

Помимо понятия «измерение», существует более общее понятие «измерительный процесс».

Измерительный процесс является составной частью любого технологического процесса. От качества измерительного процесса зависит правильность принимаемых решений по управлению технологическими процессами в соответствии с видом выпускаемой продукции.

Измерительный процесс – процесс, преобразующий значение измеряемого параметра в результат измерения посредством использования ресурсов (средств измерительной техники и другого оборудования, оператора, окружающей среды и т. д.), регулируемый методикой выполнения измерения.

В простейшем случае модель измерительного процесса можно представить в виде схемы, изображенной на рис. 1.7.

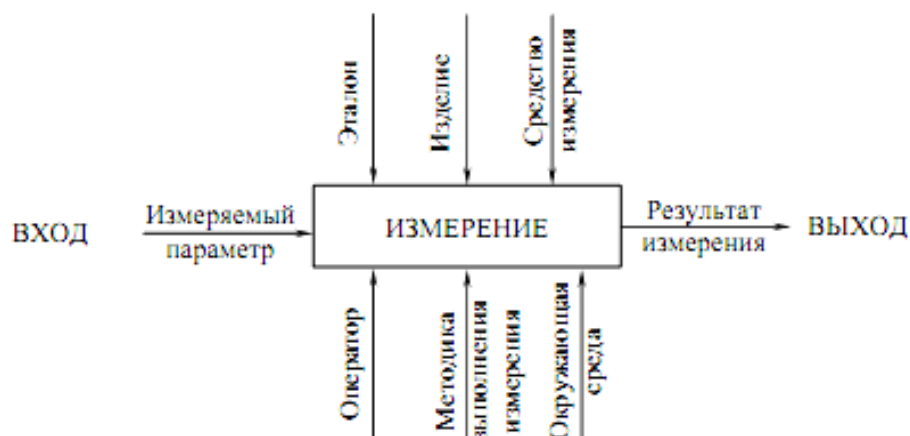


Рисунок 1.7 – Модель измерительного процесса

Конкретная *процедура выполнения измерений* рассматривается как последовательность сложных и разнородных действий, состоящих из ряда взаимосвязанных этапов, которые могут существенно различаться по числу, виду и трудоемкости выполняемых операций.

Их четкое выделение, осознанное выполнение необходимого и достаточного числа выполняемых действий измерения приводит к оптимизации процесса реализации измерений и устранению соответствующих методических ошибок.

К числу основных этапов измерения относят следующие:

- постановка измерительной задачи;
- планирование измерений;
- проведение измерительного эксперимента;
- обработка экспериментальных данных.

Упрощенное содержание основных этапов измерительного процесса приведено в табл.1.5.

Начальным этапом любого измерения является его задача (цель) – этап 1.

Задача измерения в общем случае – это получение результата измерения требуемого качества, то есть необходимой точности и достоверности.

Таблица 1.5 – Содержание этапов измерений

Этап	Содержание этапа
1. Постановка измерительной задачи	1.1. Сбор данных об условиях измерений и исследуемой физической величине. 1.2. Выбор конкретных величин, посредством которых будет находиться значение измеряемой величины. 1.3. Формулировка уравнения измерения
2. Планирование измерений	2.1. Выбор методов измерений и возможных типов средств измерений. 2.2. Априорная оценка погрешности измерения 2.3. Определение требований к метрологическим характеристикам средств измерения и условиям измерения. 2.4. Подготовка средств измерений. 2.5. Обеспечение требуемых условий измерений и создание возможности их контроля.
3. Проведение измерительного эксперимента	3.1. Взаимодействие средств измерения и объектов измерений. 3.2. Регистрация результата.
4. Обработка экспериментальных данных	4.1. Предварительный анализ информации, полученной на предыдущих этапах измерения. 4.2. Вычисление и внесение возможных поправок на систематические погрешности. 4.3. Формулирование и анализ математической задачи обработки данных. 4.4. Проведение вычислений, в итоге которых получают значения измеряемой величины и погрешностей измерения. 4.5. Анализ и интерпретация полученных результатов. 4.6. Запись результатов измерений и показателей погрешности в соответствии с установленной формой представления

Формулирование конкретной измерительной задачи осуществляется с учетом априорной (то есть полученной до проведения самого измерения) информации об измеряемом объекте и его свойствах, что позволяет заранее определить характеристики предстоящего измерения, в том числе достижимый уровень его точности.

На основе априорной информации об объекте и условиях измерения строится модель объекта измерения в соответствии с целью измерения.

Субъект измерения выбирает *принцип, метод и средства измерений* (этап 2).

Средством измерений называют объект, воспроизводящий и (или) хранящий какую-либо часть шкалы измерений (точку, участок) и предназначенный для выполнения измерений. Большинство средств измерений являются конструктивно законченными техническими устройствами. Каждое средство измерений имеет нормированные метрологические характеристики, которые влияют на качество результата измерений.

Центральным этапом (этап 3) процедуры измерения является *измерительный эксперимент*. В узком смысле – это отдельное, однократное измерение, которое часто называют *наблюдением*. В общем случае измерительный эксперимент содержит ряд последовательных операций по взаимодействию средства измерения с измеряемым объектом, получению, преобразованию и индикации сигналов измерительной информации, регистрации результатов наблюдений.

Завершает процедуру измерения операция *обработки экспериментальных данных* (этап 4), включающая проведение вычислений согласно принятому алгоритму, получение результата измерения, оценку его точности и достоверности, запись результата и его неопределенности (или погрешности) в соответствии с установленной формой представления.

Развитие метрологии и метрологического обеспечения, обусловленное стремлением к получению наиболее достоверной информации о состоянии исследуемых или управляемых объектов, неразрывно связано с совершенствованием методов и средств, реализующих процедуры получения метрологической информации.

При этом во многих сферах деятельности – при научных исследованиях, при разработке, производстве и эксплуатации промышленных объектов, технических средств, транспорта, систем управления, при экологическом мониторинге и т. д. конечный результат действия в значительной степени зависит от качества информации, получаемой на первом этапе, поэтому к ней предъявляются достаточно высокие требования.

Важнейшую роль в различных отраслях экономики играют *измерительные информационные технологии* (ИИТ), в которых используются последние достижения различных сфер деятельности, в том числе информационных наук, а также средства вычислительной техники – от микропроцессоров до сложнейших компьютерных сетей.

Под измерительными информационными технологиями понимают технологии подготовки и выполнения измерений, которые включают в себя описание осуществления информационного взаимодействия средств измерения с объектом, а также методов получения, обработки, представления и передачи количественной информации о значениях измеряемых величин, что обеспечивает необходимую достоверность и сохраняемость данной информации.

Специфическими признаками, которые выделяют ИИТ из общего многообразия информационных технологий, являются следующие:

- четко выраженные познавательные цели и функции;
- получение первичной информации в результате специально организованного физического взаимодействия с объектом;
- особая ответственность за достоверность измерительной информации, определенная действующим законодательством.

Продукцией ИИТ являются результаты измерений, которые предназначены для использования в других информационных технологиях в качестве исходной информации.

На рис. 1.8 представлено функционирование (поведение) какой-либо технической, управленческой, социальной или биологической системы как последовательность операций, первой среди которых является получение первичной информации от объекта в результате информационного взаимодействия с ним. Конкретная форма, в которой выполняется эта первая операция в той или иной сфере деятельности, различна.

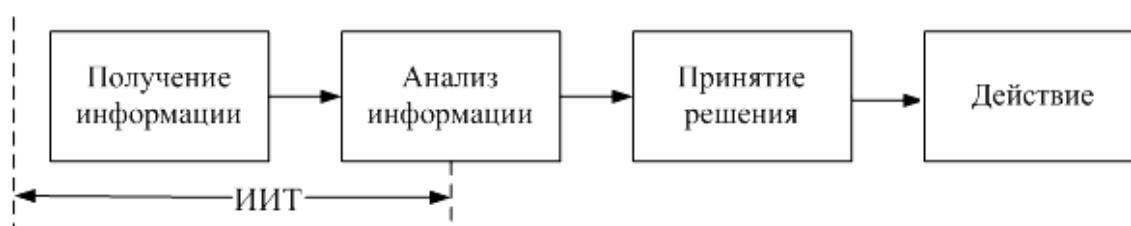


Рисунок 1.8 – Место ИИТ в технических системах управления, в испытаниях продукции, в экологическом мониторинге, в медицинской диагностике и других видах деятельности

Мир информационной измерительной техники бурно развивается. На смену традиционным механическим измерительным приборам приходят современные измерительные информационные системы, представля-

ющие собой результат синтеза точной механики, микроэлектроники, компьютерной техники и новейших достижений современной физики: лазерной техники, оптики и оптоэлектроники, разнообразных электромагнитных и квантовых эффектов. Огромное значение для технического прогресса приобретает нанометрология, где речь уже о точности субмикронного диапазона.

Лекция 11. Виды и методы измерений

Существует большое многообразие видов измерений, которые классифицируют по различным признакам – по способу получения информации (результата измерений), по характеру изменения измеряемой величины, по применяемым методам измерений, по характеру изменения измеряемой величины в процессе измерения, по числу измерений, по назначению измерений и т. д., рис.1.9.

По способу получения информации измерения могут быть прямыми, косвенными, совокупными и совместными.

Прямыми измерениями называются измерения, результат которых получается непосредственно из опытных данных, то есть происходит непосредственное сравнение физической величины с ее мерой.

Косвенное (непрямое) измерение – это определение искомого значения физической величины на основании результатов прямых измерений других физических величин, фундаментально связанных с искомой величиной.

Совокупные измерения – это проводимые одновременно измерения нескольких одноименных величин, при которых искомые значения величин определяют путем решения системы уравнений, получаемых при измерении этих величин в различных сочетаниях.

Общими (совместными) называют проводимые одновременно измерения двух или более неоднородных физических величин для определения зависимости между ними, например, определение зависимости длины тела от изменения температуры.

По характеру изменения измеряемой величины различают измерения:

- *статистические* – связаны с определением случайных процессов, звуковых сигналов, уровня шумов;

- *статические* - имеют место тогда, когда измеряемая величина практически постоянна;
- *динамические* – связаны с измерением величин, которые в процессе измерения изменяются.

Статические и динамические измерения в идеальном виде на практике встречаются редко.

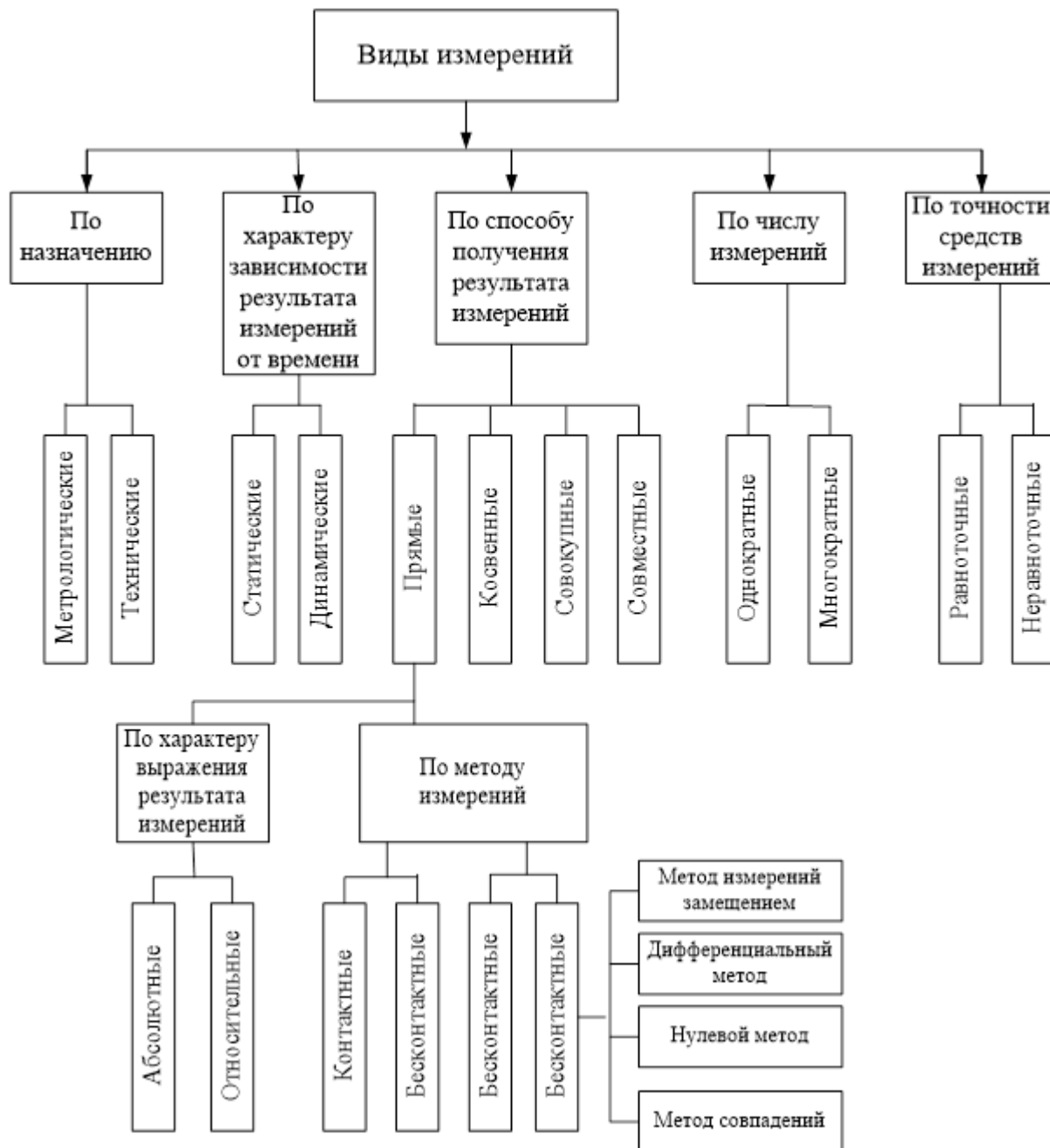


Рисунок 1.9 – Виды измерений

По количеству замеров информации различают следующие виды измерений:

- *однократные* измерения – одно измерение одной величины, т. е. число измерений соответствует количеству измеряемых величин. Практическое использование всегда связано с большими погрешностями, поэтому следует проводить не менее 3-х однократных измерений и находить конечный результат как среднееарифметическое значение;

- *многократные* – характеризуются повышенным числом измерений количества измеряемых величин. Минимальное число – более трех. Преимуществом таких измерений является снижение влияния случайных факторов на погрешность измерения.

По характеру выражения результата измерений (в зависимости от отношения к основным единицам измерения) виды измерений могут быть следующими:

- *абсолютные измерения* – используется прямой выбор одной (или нескольких) основной величины и физическая константа;

- *относительные измерения* – базируются на установлении отношения измеряемой величины к однородной, которая используется как единица.

Виды измерений **по условиям измерений (по точности средств измерений)**:

- *равноточные измерения* – ряд измерений какой-либо величины, выполненных одинаковыми по точности средствами измерений в одних и тех же условиях с одинаковой тщательностью;

- *неравноточные измерения* – ряд измерений какой-либо величины, выполненных отличающимся по точности средствами измерений (или) в разных условиях.

По назначению различают следующие виды измерений:

- *технические измерения*, проводятся рабочими средствами измерения и принимается наперед заданная погрешность, достаточная для решения данной практической задачи;

- *метрологические измерения* выполняются при помощи эталонов с целью воспроизведения единиц физических величин для передач их размера рабочим средствам измерения.

Метод измерения – это прием или совокупность приемов сравнения измеряемой физической величины с ее единицей в соответствии с реализованным принципом измерений.

Методы измерений классифицируют по нескольким признакам: по общим приемам получения результатов измерений, по условиям измерения и по способу сравнения измеряемой величины с ее единицей. Выделяют следующие методы измерений.

По способу получения значений измеряемых величин различают два основных метода: метод непосредственной оценки и метод сравнения с мерой.

Метод непосредственной оценки – метод, в котором искомое значение физической величины определяют непосредственно по отчетному устройству средства измерения, которое проградуировано в соответствующих единицах.

Метод сравнения с мерой – метод измерений, в котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой (например, сравнение массы на рычажных весах).

Метод сравнения с мерой имеет несколько разновидностей, рис. 1.10:

- *нулевой метод* (или метод полного уравнивания) – метод сравнения с мерой, в котором результирующий эффект воздействия измеряемой величины и встречного воздействия меры на сравнивающее устройство сводятся к нулю (рис. 1.10, а);

- *дифференциальный метод* измерения – это метод измерения, при котором измеряемая величина сравнивается с однородной величиной, имеющей известное значение, незначительно отличающееся от значения измеряемой величины. При дифференциальном методе полное уравнивание не производят, а разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, отсчитывается по шкале приборов (рис. 1.10, б);

- *метод замещения* – метод сравнения с мерой, в котором измеряемую величину замещают известной величиной, воспроизводимой мерой (рис. 1.10, в);

- *метод совпадений* – метод, при котором разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, определяют, используя совпадения отметок шкал или периодических сигналов.

По связи с объектом измерения различают контактный и бесконтактный методы.

В зависимости от типа применяемых измерительных средств различают расчетный, измерительный, регистрационный, органолептический и экспертный методы измерений (см. Л.4).

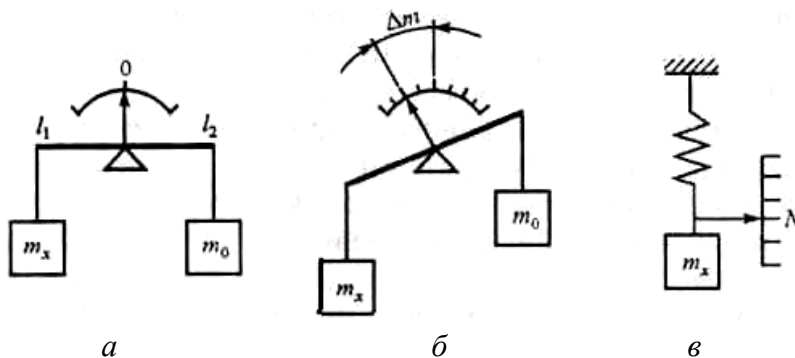


Рисунок 1.10 - Методы сравнения:
a – нулевой метод; *б* – дифференциальный метод; *в* – метод замещения

Лекция 12. Средства измерений и их метрологические характеристики

Основой технической базы метрологического обеспечения являются средства измерений и контроля.

Качество измерений во многом зависит от грамотного использования *средств измерений*, знания их свойств и характеристик.

Средство измерений – это техническое средство (или комплекс средств), предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики воспроизводящие и (или) хранящие единицу физической величины, размер которой принимается неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени.

Средство измерения является обобщенным понятием, объединяющим разнообразные конструктивно законченные устройства, которые реализуют одну из двух функций:

- 1) воспроизводят величину заданного (известного) размера;
- 2) вырабатывают сигнал (показание), несущий информацию о значении измеряемой величины.

Все средства измерений можно классифицировать по двум основным признакам:

- по метрологическому назначению;
- по конструктивному исполнению.

Средства измерений также классифицируют по уровню автоматизации и стандартизации.

По метрологическому назначению все средства измерений подразделяются на два вида: на рабочие средства измерений и эталоны, рис. 1.11.

Рабочее средство измерений – средство измерений, предназначенное для измерений, не связанных с передачей размера единицы другим средствам измерений. Рабочие средства измерений (меры и приборы) предназначены для определения параметров (характеристик) технических устройств, технологических процессов, окружающей среды. Рабочие меры изготавливают для широкого диапазона номинальных значений величин и используются для поверки измерительных приборов, а также для практических измерений.

По условиям применения рабочие средства измерений могут быть:

- лабораторными, используемыми для научных исследований, проектирования технических устройств, медицинских измерений;
- производственными, используемыми для контроля характеристик технологических процессов, контроля качества готовой продукции, контроля отпуска товаров;
- полевыми, используемыми при эксплуатации таких технических устройств, как самолеты, автомобили, речные и морские суда и т. д.

Эталон – это средство измерений (или комплекс средств измерений), предназначенное для воспроизведения и (или) хранения единицы физической величины и передачи ее размера нижестоящим по поверочной схеме средствам измерений. Эталонами могут быть меры и приборы.

Эталоны являются высокоточными средствами измерений, а поэтому используются для проведения метрологических измерений в качестве средств передачи информации о размере единицы физической величины. Размер единицы передается «сверху вниз», от более точных средств измерения к менее точным: первичный эталон → вторичный эталон → рабочий эталон 0-го порядка → рабочий эталон 1-го порядка ... → рабочее средство измерения.

Конструкция эталона, его свойства и способ воспроизведения единицы определяется природой данной физической величины и уровнем развития измерительной техники в данной области измерений. Эталон должен обладать, по крайней мере, тремя тесно связанными друг с другом существенными признаками – неизменностью, воспроизводимостью и сличаемостью.



Рисунок 1.11 – Классификация средств измерений

Первичный эталон – эталон, обеспечивающий воспроизведение единицы с наивысшей в стране (по сравнению с другими эталонами той же единицы) точностью. Первичный эталон может быть национальным и международным.

Международный эталон – эталон, принятый по международному соглашению в качестве международной основы для согласования с ним размеров единиц, воспроизводимых и хранимых национальными эталонами.

Национальный (государственный первичный) эталон – служит в качестве исходного для страны. Первичные эталоны составляют основу государственной системы обеспечения единства измерений. Государственные эталоны Украины периодически сличаются с государственными эталонами других стран.

Вторичный эталон – эталон, получающий размер единицы непосредственно от первичного эталона данной единицы.

Вторичные эталоны являются частью подчиненных средств хранения единиц и передачи их размеров, создаются и утверждаются в тех случаях, когда это необходимо для организации поверочных работ, а также для обеспечения сохранности и наименьшего износа государственного эталона. Вторичные эталоны по своему метрологическому назначению подразделяются на эталоны-копии, эталоны сравнения и эталоны-свидетели.

Эталон-копия предназначен для передачи размера единицы рабочим эталонам. Эталон-копия представляет собой копию государственного эталона только по метрологическому назначению, поэтому он всегда является его физической копией. Эталон сравнения применяется для сличения эталонов, которые по тем или иным причинам не могут быть непосредственно сличаемы друг с другом.

Эталон-свидетель предназначен для проверки сохранности и неизменности государственного эталона и замены его в случае порчи или утраты.

Рабочий эталон - применяется для передачи размера единицы от эталона-копии образцовым средствам измерения и в отдельных случаях – наиболее точным рабочим средствам измерений.

В Украине в Реестр средств измерительной техники внесены 58 государственных и 66 вторичных эталонов единиц измерений, в том числе 5 государственных первичных эталонов для воспроизведения 5 (из 7) основ-

ных единиц измерений системы S_i : единиц длины, массы, температуры, времени, силы света.

Государственные эталоны Украины воссоздают единицы измерений по 12-ти видам измерений:

- измерение геометрических величин – 4 эталона;
- измерение механических величин – 5 эталонов;
- измерение параметров потока, затраты, уровня, объема веществ – 4 эталона;
- измерение давления, вакуумные измерения – 3 эталона;
- измерение физико-химического состава и свойств веществ – 4 эталона;
- температурные и теплофизические измерения – 6 эталонов;
- измерение времени и частоты – 1 эталон;
- измерение электрических и магнитных величин – 8 эталонов;
- радиоэлектронные измерения – 5 эталонов;
- измерение акустических величин – 1 эталон;
- оптико-физические измерения – 9 эталонов;
- измерение ионизирующих излучений и ядерных констант – 8 эталонов.

Созданные государственные эталоны представляют собой уникальные измерительные комплексы, в которых использованные новейшие достижения мировой науки и техники, для функционирования которых оборудованы специальные помещения с обеспечением необходимых условий для поддержания температуры, влажности, вибрации и других параметров инженерной инфраструктуры, которые обеспечивают заданные условия эксплуатации. Государственные эталоны отнесены к научным объектам, которые представляют национальное достояние.

Государственные эталоны Украины эксплуатируются в национальном научном метрологическом центре ННЦ «Институт метрологии», государственных научных метрологических центрах Укрметртестстандарта, ГП «НДИ «Система», а также ГП «Ивано-Франковскстандартметрология».

По конструктивному исполнению, а также форме представления измерительной информации средства измерений подразделяются следующим образом, см. рис.1.11:

- мера физической величины;

- измерительный преобразователь;
- измерительный прибор;
- измерительная установка;
- измерительная система.

Мера физической величины – средство измерений, предназначенное для воспроизведения и (или) хранения физической величины одного или нескольких заданных размеров, значения которых выражены в установленных единицах и известны с необходимой точностью.

Измерительный преобразователь – техническое средство с нормативными метрологическими характеристиками, служащее для преобразования измеряемой величины в другую величину или измерительный сигнал, удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации или передачи.

Измерительный прибор – средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем.

Измерительная установка – совокупность функционально объединенных средств измерений (мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей и т.д.) и вспомогательных устройств (компьютер), предназначенная для измерения одной или нескольких физических величин, выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для непосредственного восприятия наблюдателем, и *расположенная в одном месте*.

Измерительная система – совокупность средств измерений (функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей), вычислительных устройств и других технических средств, размещенных в разных точках контролируемого объекта, соединенных между собой каналами связи.

Все средства измерений независимо от их исполнения имеют ряд свойств, необходимых для выполнения ими функционального назначения, так называемых метрологических свойств.

Метрологические свойства средства измерения – это свойства, влияющие на результат измерений и его погрешность. Показатели метрологических свойств являются их количественной характеристикой и называются ***метрологическими характеристиками***.

Отличием средства измерений от других технических устройств яв-

ляется то, что оно предназначено для получения измерительной информации и *имеет нормированные метрологические характеристики*.

Сведения о метрологических характеристиках содержатся, как правило, в нормативно-технических документах на средство измерения (в государственном стандарте, в технических условиях, в паспорте на средство измерения). Метрологические характеристики, устанавливаемые нормативно-техническими документами, называют *нормируемыми*, а определяемые экспериментально – *действительными*.

Нормированные метрологические характеристики могут быть представлены в виде числа, формулы, таблицы, графика; возможна комбинированная форма представления.

Знание метрологических характеристик средств измерений позволяет:

- *определять результаты измерений и рассчитывать оценки характеристик инструментальной составляющей погрешности измерения в реальных условиях применения средств измерений;*

- *рассчитывать метрологические характеристики каналов измерительных систем, состоящих из ряда средств измерений с известными метрологическими характеристиками;*

- *производить оптимальный выбор средств измерений, обеспечивающих требуемое качество измерений при известных условиях их применения;*

- *сравнивать средства измерений различных типов с учетом условий применения.*

Все метрологические свойства средства измерений можно разделить на две группы:

1) свойства, определяющие область применения средства измерения;

2) свойства, определяющие качество результатов измерения.

Нормируемые метрологические характеристики средств измерений определены ДСТУ ГОСТ 8.009:2008 «Державна система забезпечення єдності вимірювань. Нормовані метрологічні характеристики засобів вимірювань».

Стандарт предполагает следующую номенклатуру метрологических характеристик, рис.1.12.

- ***характеристики, предназначенные для определения результата измерений*** (функция преобразования, значения мер, цена деления, кодовые характеристики и т. д.);

- **характеристики погрешностей средств измерений;**
- **характеристики чувствительности средств измерений к влияющим факторам**, связанные с отличием рабочих условий измерений от нормальных, что вызывает появление дополнительной погрешности средств измерений;
- **динамические характеристики** – характеристики динамических средств измерений, которые отражают зависимость выходного сигнала от изменяющегося во времени входного сигнала;
- **характеристики свойств средств измерений, которые влияют на погрешность вследствие взаимодействия средств измерений;**
- **неинформативные параметры выходного сигнала**, которые не используют для передачи информации об измеряемой величине.



Рисунок 1.12 – Номенклатура метрологических характеристик средств измерений

Неизменность во времени метрологических характеристик измерительного устройства определяет его стабильность.

Стабильность средств измерений определяется как наибольшая разница между повторными показаниями измерительного устройства (наибольший разброс показаний) при многократном измерении одной и той же величины при неизменных внешних условиях. Этот показатель является конструктивной характеристикой и отражает качество изготовления устройства.

Точность средства измерений – характеристика качества средства измерений, отражающая близость его погрешности к нулю.

Обобщенной характеристикой точности средства измерений, определяемой пределами основной и дополнительной погрешностей, а также другими свойствами средства измерений, является класс точности.

Это характеристика, зависящая от способа выражения пределов допускаемых погрешностей средств измерений. Требования к назначению, применению и обозначению «классов точности» регламентированы в ГОСТ 8.401-80 «ГСИ. Классы точности средств измерений. Основные положения».

Впервые «класс точности» был введен в 30-е годы XX в. применительно к стрелочным приборам и определял основную погрешность средств измерений (погрешность средств измерений в нормальных условиях).

В настоящее время, когда схемы и конструкции средств измерений усложнились, а области применения средств измерений весьма расширились, на погрешность измерений стали существенно влиять и другие факторы. В частности, изменение внешних условий (температуры окружающей среды, механических нагрузок на средства измерений и т. д.), а также характер изменения измеряемых величин во времени.

Основная погрешность измерительных приборов перестала быть действительно основной составляющей погрешности измерений, и класс точности не позволяет в полной мере решать практические задачи, перечисленные выше.

Область практического применения характеристики «класс точности» ограничена только такими средствами измерений, которые предназначены для измерения статических величин. В международной

практике «класс точности» устанавливается для небольшой части приборов.

Лекция 13. Поверка средств измерения

Поверкой средств измерений называют совокупность действий, выполняемых для определения и оценки погрешностей средств измерений.

Организацию и поверку средств измерений в Украине проводят согласно ДСТУ 2708:2006 («Повірка засобів вимірювальної техніки. Організація та порядок проведення»).

Цель поверки – выяснить, соответствуют ли точностные характеристики приборов значениям, указанным в технической документации, и пригоден ли средство измерений к применению.

Поверку осуществляют органы Государственной метрологической службы, государственные научные метрологические центры, а также аккредитованные метрологические службы юридических лиц.

Аккредитованная метрологическая служба имеет право:

- проводить поверку средств измерений в рамках, определенных аттестатом аккредитации, выдавать Свидетельство о поверке, ставить клеймо на поверенные средства или гасить поверительное клеймо;
- разрабатывать предложения по корректировке межповерочных интервалов;
- участвовать в разработке и корректировке нормативной документации, регламентирующей вопросы аккредитации метрологической службы.

Перечни средств измерений, подлежащих поверке, составляются метрологическими службами юридических лиц и направляются в органы Государственной метрологической службы.

Средства измерений, применяемые вне сферы распространения государственного метрологического контроля и надзора, калибруются метрологической службой предприятия по эталонам, соподчиненным государственным эталонам единиц величин.

Вид поверки определяют в зависимости от того, какой метрологической службой проведена поверка, каков характер поверки (инспекционная, экспертная), каков этап работы средства измерений.

Поверка средств измерений может быть государственной или ведомственной.

Государственная поверка проводится территориальными метрологическими органами, *ведомственная* – организациями ведомственных метрологических служб, получившими регистрационное удостоверение на право выполнения поверочных работ.

Обязательной государственной поверке подлежат:

- средства измерений, применяемые в органах государственной метрологической службы;
- исходные образцовые средства измерений предприятий, организаций и учреждений;
- средства измерений, выпускаемые из производства в качестве образцовых;
- рабочие средства измерений, применяемые при учете материальных ценностей, взаимных расчетах в торговле, для охраны здоровья, обеспечения безопасности труда, регистрации национальных и международных спортивных рекордов.

Все остальные средства измерений подлежат обязательной ведомственной поверке.

В зависимости от целей и назначения результатов поверки различают следующие виды поверки: первичную, периодическую, внеочередную, инспекционную и экспертную.

Первичную поверку проводят при выпуске средств измерений в обращение из производства или ремонта, а также при ввозе средств измерения из-за границы партиями, при продаже.

Периодическую поверку проводят при эксплуатации и хранении средств измерений через определенные межповерочные интервалы, установленные с учетом конкретных условий эксплуатации средств измерений и режимов их работы.

Периодическая поверка средств измерений, находящихся в эксплуатации и на хранении, должна проводиться в сроки, устанавливаемые годовыми календарными графиками поверки, которые составляются предприятиями, организациями и учреждениями.

Если необходимо удостовериться в исправности средств измерений при проведении работ по корректированию межповерочных интервалов, при повреждении поверительного клейма, пломбы или утраты документов, подтверждающих прохождение средством измерения периодической поверки, а также после длительного хранения средств измерений, проводится

их *внеочередная поверка*, причем сроки ее проведения назначаются независимо от запланированных сроков периодических поверок.

При проведении государственного надзора и ведомственного контроля средства измерений выборочно подвергают *инспекционной поверке*, по результатам которой устанавливают качество поверочных работ, а также правильность назначения межповерочных интервалов.

Экспертную поверку осуществляют при проведении метрологической экспертизы средств измерений органами государственной метрологической службы. Данный вид поверки проводят с целью обоснования заключения о пригодности средств измерений к применению по требованию судебно-следственных органов, полиции, государственного арбитража.

Не подлежат поверке средства измерений, применяемые для наблюдения за изменением величин без оценки их значений в единицах физических величин с нормированной точностью, а также используемые для учебных целей.

Средства измерений поверяют в центральных измерительных лабораториях предприятий и специальных метрологических лабораториях. Результаты записывают в специальные паспорта (или аттестаты) инструментов и приборов. Иногда на мерительное средство накладывают клеймо, которое содержит условный шифр предприятия, две последние цифры года применения клейма, индивидуальный знак (номер) поверяющего и условный знак министерства.

В основу классификации применяемых методов поверки положены следующие признаки, в соответствии с которыми средства измерения могут быть поверены.

- *Без использования компаратора* (прибора сравнения), то есть *непосредственным сличением поверяемого средства измерений с образцовым средством измерений того же вида*. Этот метод широко применяется при поверке различных средств измерений.

- *Сличением поверяемого средства измерений с образцовым средством измерений того же вида с помощью компаратора* (промежуточного звена, вводимого в схему поверки). Компаратор позволяет косвенно сравнивать две однородные или разнородные физические величины. Компаратором может быть любое средство измерения, одинаково реагирующее на сигнал образцового и поверяемого средств измерений.

- *Прямым измерением поверяемым измерительным прибором величины, воспроизводимой образцовой мерой.* Этот метод предъявляет к мерам, используемым в качестве образцовых средств измерений, ряд специфических требований. Наиболее характерными из них являются следующие: возможность воспроизведения мерой той физической величины, в единицах которой градуировано поверяемое средство измерений; достаточный для перекрытия всего диапазона измерений поверяемого средства измерений диапазон физических величин, воспроизводимых мерой; соответствие точности меры, а в ряде случаев ее типа и плавности изменения размера установленным требованиям.

- *Косвенным измерением величины, воспроизводимой мерой или измеряемой прибором, подвергаемым поверке.* При реализации этого метода о действительном размере меры и измеряемой поверяемым прибором величины судят на основании прямых измерений нескольких величин, связанных с искомой величиной, определенной зависимостью.

Независимая или автономная поверка, то есть *поверка без применения образцовых средств измерений,* применяется при разработке особо точных средств измерений, которые не могут быть поверены ни одним из рассмотренных методов ввиду отсутствия еще более точных средств измерений с соответствующими пределами измерения. Сущность метода независимой (автономной) поверки заключается в сравнении величин, воспроизводимых отдельными элементами схемы поверяемого средства измерений, с величиной, выбранной в качестве опорной и конструктивно воспроизводимой в самом поверяемом средстве измерений.

Реализация методов поверки осуществляется комплектной или поэлементной поверкой.

При комплектной поверке средство измерений поверяют в полном комплекте его составных частей, без нарушения взаимосвязи между ними. Погрешности, которые при этом определяют, рассматривают как погрешности, свойственные поверяемому средству измерений как единому целому.

Поэлементная поверка средства измерений – это поверка, при которой его погрешности определяют по погрешностям отдельных частей. По полученным данным расчетом определяют погрешности, свойственные поверяемому средству измерений как единому целому. Область применения поэлементной поверки обширна и в ряде случаев оказывается

единственно возможной. Существенным недостатком поэлементной поверки является ее трудоемкость и сложность реализации по сравнению с комплексной поверкой.

Поверочная схема – это рекомендательный нормативный документ, устанавливающий соподчинение средств измерений, участвующих в передаче участка шкалы (размера единицы) от эталона к рабочим средствам измерений с указанием методов поверки и предельных погрешностей.

Различают государственные и локальные поверочные схемы.

Государственная поверочная схема разрабатывается государственным научным метрологическим центром – держателем соответствующего государственного эталона. Оформляется в виде стандарта и распространяется на все указанные в ней средства измерений, применяемые в стране.

Локальная поверочная схема имеет ограниченную сферу применения (предприятия одного из министерств, отдельное предприятие). Данная схема должна соответствовать требованиям соподчиненности средств измерений, определенным государственной поверочной схемой.

На чертеже поверочной схемы указывают следующую информацию: наименования средств измерений и методов поверки, номинальные значения или диапазоны значений величин, допускаемые значения погрешностей средств измерений, допускаемые значения погрешностей методов поверки.

Лекция 14. Погрешности результатов измерений и их классификация

Любые измерения направлены на получение результата, то есть оценки истинного значения физической величины в принятых единицах.

Вследствие несовершенства средств и методов измерений, воздействия внешних факторов и многих других причин, рис. 1.13, результат каждого измерения неизбежно имеет погрешность, т.е. *отклонение результата измерения от истинного значения*. Качество измерения тем выше, чем ближе результат измерения оказывается к истинному значению.

Количественной характеристикой качества измерений является погрешность измерения Δx , определяемая как разность между измеренным $x_{\text{изм}}$ и истинным $x_{\text{ист}}$ значениями измеряемой величины

$$\Delta x = x_{\text{изм}} - x_{\text{ист}} . \quad \dots\dots\dots(1.3)$$

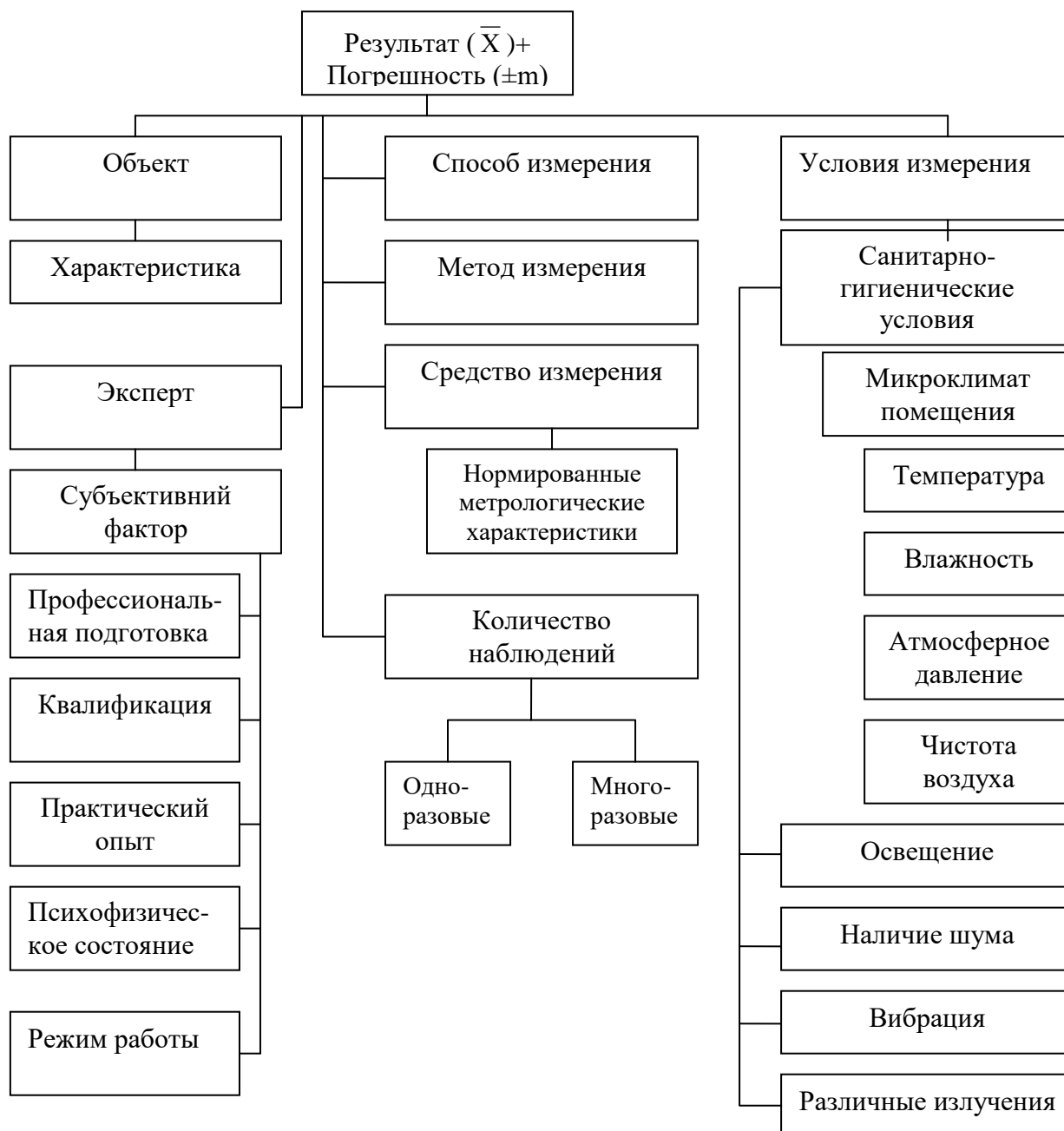


Рисунок 1.13 - Факторы, влияющие на результат измерений

Строго говоря, применение формулы (1.3) для вычисления погрешности измерения невозможно, поскольку истинное значение измеряемой величины неизвестно. Поэтому это выражение погрешности используется только в теоретических исследованиях, а на практике $x_{ист}$ заменяется на его оценку – действительное значение величины x_d , и погрешность рассчитывается по формуле

$$\Delta x = x_{\text{изм}} - x_{\text{д}} \quad \dots\dots \quad \dots(1.4)$$

Поскольку действительное значение измеряемой величины только с той или иной степенью приближения заменяет истинное, то *погрешность измерения, найденная относительно действительного значения*, будет отличаться от погрешности измерения, которая могла бы быть найдена относительно истинного значения и является *приближенной оценкой «истинной» погрешности измерения*.

Погрешность, выраженная в соответствии с формулами (1.3) и (1.4), имеет размерность измеряемой величины и называется **абсолютной погрешностью**.

Используется также понятие **относительной погрешности** – погрешности, выраженной в долях измеряемой величины.

Относительные погрешности выражают принятыми в системе SI относительными величинами: безразмерным числом, в процентах и т. д.:

$$\gamma = \frac{\Delta x}{x_{\text{д}}} 100\% . \quad (1.5)$$

Приведенная погрешность – это отношение абсолютной погрешности к условно принятому (нормирующему) значению $x_{\text{н}}$ измеряемой величины; как правило, выражается в процентах:

$$\gamma = \frac{\Delta x}{x_{\text{н}}} 100\% . \quad \dots\dots\dots (1.6)$$

Для аналоговых средств измерения в качестве нормирующего чаще всего принимают наибольшее значение по шкале прибора.

Понятие погрешности характеризует как бы *несовершенство измерения*. Позитивной характеристикой качества измерений является **точность измерения**. Точность и погрешность связаны обратной зависимостью – измерение тем более точно, чем меньше его погрешность. *Количественно точность выражается числом, равным обратному значению относительной погрешности*.

Для разных видов измерений погрешность результата измерения может оцениваться с разной точностью, на основании разной исходной информации. В соответствии с этим различают измерения с «точной» (в смысле, с наивысшей достижимой точностью), «приближенной» и «предварительной» оценкой погрешностей.

При измерениях с *«точной» оценкой погрешности* учитываются индивидуальные метрологические свойства и характеристики каждого из примененных средств измерения, анализируется метод измерений, контролируются условия измерений с целью учета их влияния на результат измерения.

При измерениях с *«приближенной» оценкой погрешностей* учитывают лишь нормативные, типовые метрологические характеристики средств измерения и оценивают влияние на результат измерения лишь отклонений условий измерения от нормальных.

Измерения с *«предварительной» оценкой погрешностей* выполняются по типовым методикам выполнения измерений, регламентированным нормативно-технической документацией, в которых указываются методы и условия измерений, типы и погрешности используемых средств измерений. На основе этих данных возможная погрешность результата может быть заранее оценена.

В инженерной практике обычно имеют дело с двумя последними видами измерений и приемами оценки погрешностей результата измерения, относящегося к категории *технические измерения*.

Погрешность результата каждого конкретного измерения складывается из многих составляющих, обязанных своим происхождением различным факторам и источникам. Традиционный аналитический подход к оцениванию погрешностей результата состоит в выделении этих составляющих, изучении их по отдельности и последующем суммировании.

Зная свойства и оценив количественные характеристики составляющих погрешностей, можно правильно учесть их при оценке погрешности результата или, если это возможно, ввести поправки в результат измерения.

Выделив и оценив отдельные составляющие погрешности, иногда оказывается возможным так организовать измерение, чтобы эти составляющие не оказали влияния на результат.

В целях единообразия подхода к анализу и оцениванию погрешностей в метрологии принята следующая классификация погрешностей, рис.1.14.

По характеру проявления во времени выделяют систематические и случайные составляющие погрешности.

Систематической погрешностью измерения называется погрешность, которая при повторных измерениях одной и той же величины в одних и тех же условиях остается постоянной или закономерно изменяется.

Нормируется предельной погрешностью и средним квадратичным отклонением.

Основные причины появления систематических погрешностей – погрешности инструментов или метода измерений, индивидуальные особенности экспериментатора.

Причины систематических ошибок можно выявить и устранить.

Оценка систематических составляющих погрешности представляет достаточно важную и трудную метрологическую задачу. С одной стороны, знание систематической погрешности позволяет внести соответствующую поправку в результат измерения и тем самым повысить его точность. С другой стороны, обнаружение систематической погрешности является весьма сложной процедурой в связи с невозможностью выявления путем повторных измерений (наблюдений).

Систематические погрешности по характеру проявления делят на постоянные и переменные (в т.ч. периодические).

Постоянными систематическими погрешностями называют такие, которые остаются неизменными в течение всей серии данных измерений, например, погрешность из-за неточно установки указателя прибора на ноль.

Переменные систематические погрешности изменяются в процессе измерений. Если при измерениях погрешность монотонно убывает или возрастает, она называется прогрессирующей.

Периодическая систематическая погрешность – погрешность, значение которой является периодической функцией времени.



Рисунок 1.14 – Классификация погрешностей измерений

Случайная погрешность – составляющая погрешности измерения, которая изменяется случайно, т.е. *непостоянна по абсолютной величине и знаку* при повторных измерениях одной и той же величины. Нормируется ее предельно допустимым значением.

Причинами случайных погрешностей могут быть различные факторы, например, в механических приборах к появлению случайных погрешностей приводят зазоры в звеньях кинематической цепи механизма прибора и т. д.; случайная составляющая погрешности возможна из-за трения в опорах подвижной части прибора, колебаний температуры окружающего воздуха, влияния магнитных и электрических промышленных помех, ошибки экспериментатора и т.д.

Как правило, случайные погрешности являются следствием одновременного действия многих независимых причин, каждая из которых мало влияет на результат измерения.

Случайные погрешности нельзя исключить из результатов измерений (в отличие от систематических), однако можно уменьшить.

Значения этих погрешностей заранее установить невозможно, но с помощью методов теории вероятности и математической статистики *можно оценить вероятность их появления.*

Грубыми погрешностями (промахами) называют погрешности, которые значительно превышают систематические или случайные погрешности. Источником грубых погрешностей могут быть резкие изменения условий измерения, нарушения методики проведения эксперимента, ошибки оператора (неправильный отсчет по шкале прибора, ошибочная запись наблюдений и т. д.). Грубые погрешности обычно выявляют путем повторных измерений или статистической обработки выборки. Промахи приводят к искажению результатов измерений и их необходимо исключать из совокупности результатов измерений.

По форме выражения различают погрешности, см. рис.1.14:

- *абсолютную погрешность измерения* – погрешность измерения, выраженную в единицах измерения;
- *относительную погрешность* – погрешность измерения, выраженную отношением абсолютной погрешности измерения к действительному или измеренному значению измеряемой величины.

- *приведенную погрешность средства измерения* – относительную погрешность, выраженную отношением абсолютной погрешности средства измерения к условно принятому значению величины.

По источнику возникновения различают *инструментальные, методические и субъективные погрешности*.

Инструментальная погрешность – составляющая погрешности, обусловленная погрешностью применяемого средства измерений. Введение поправок – наиболее широко используемый способ исключения систематических инструментальных погрешностей. Поправка определяется с помощью поверки технических средств, составления и использования соответствующих таблиц и графиков. Применяются также расчетные способы нахождения поправочных значений.

Погрешность метода измерений (методическая погрешность) – составляющая систематической погрешности измерений, обусловленная несовершенством реализованного метода измерения. Вследствие упрощений, принятых в уравнениях для измерений, нередко возникают существенные погрешности, для компенсации которых следует вводить поправки. Иногда погрешность метода измерения может проявляться как случайная.

Субъективная погрешность измерения – составляющая систематической погрешности, обусловленная индивидуальными особенностями оператора, отсутствием навыков работы с приборами.

По условиям возникновения у средств измерений различают *основную и дополнительные погрешности*.

Погрешность средства измерений, определенная при нормальных условиях, называется *основной*.

Погрешность, обусловленную выходом значений влияющих величин за пределы нормальных значений, называют *дополнительной*.

В соответствии с режимом работы средства измерений выделяют *статические и динамические составляющие погрешности*.

Статическая погрешность – погрешность результата измерений, свойственная условиям статического измерения.

Динамическая составляющая погрешности возникает при работе средства измерения в динамическом режиме и определяется двумя факто-

рами: динамическими (инерционными) свойствами средства измерений и характером (скоростью) изменения измеряемой величины.

У средств измерений можно выделить также составляющие погрешности, не зависящие от значения измеряемой величины и погрешности, изменяющиеся пропорционально измеряемой величине. Такие составляющие называют соответственно *аддитивными* и *мультипликативными* погрешностями.

В основе современных подходов к оценке погрешностей лежат принципы, обеспечивающие выполнение требований единства измерений.

Единство измерений (см. Л. 3) – состояние измерений, характеризующееся тем, что их результаты выражаются в узаконенных единицах, а погрешности результатов известны и с заданной вероятностью не выходят за установленные пределы измерений.

Для исследования и оценивания погрешность описывается с помощью определенной модели (систематическая, случайная, методическая, инструментальная погрешность). На выбранной модели определяют характеристики, пригодные для количественного выражения тех или иных свойств.

Выбор модели погрешности обусловлен сведениями об ее источниках как априорными, так и полученными в ходе измерительного эксперимента.

Например, *систематическая погрешность* по определению может быть представлена постоянной величиной, либо известной зависимостью (линейной, периодической или другой функцией).

Источниками систематических составляющих погрешности измерения могут быть все его компоненты: метод измерения, средства измерения и экспериментатор.

Постоянные инструментальные систематические погрешности обычно выявляют посредством поверки средства измерения.

Практически во всех областях измерения, представленных в метрологии, встречаются *случайные погрешности*.

Отличающиеся друг от друга результаты измерений, проведенные с одинаковой тщательностью и в одинаковых условиях повторных наблюдений одной и той же постоянной величины, свидетельствуют о наличии в них случайных погрешностей.

Каждая такая погрешность возникает вследствие одновременного воздействия на результат наблюдения многих случайных возмущений и сама является случайной величиной.

В этом случае предсказать результат отдельного наблюдения и исправить его введением поправки невозможно. Можно лишь с определенной долей уверенности утверждать, что истинное значение измеряемой величины находится в пределах разброса результатов от x_{\min} до x_{\max} . Однако остается неясным, какова вероятность появления того или иного значения погрешности.

Для характеристики свойств случайной величины в теории вероятностей используют понятие закона распределения вероятностей случайной величины.

Общей моделью случайной погрешности служит случайная величина, обладающая функцией распределения вероятностей.

Характеристики случайной погрешности делят на точечные и интервальные. Для описания погрешностей результата измерений чаще всего используют интервальные оценки. Границы, в которых может находиться погрешность, находят как отвечающие некоторой вероятности. В этом случае границы погрешности называют доверительными границами, а вероятность, соответствующую доверительной погрешности, доверительной вероятностью.

Лекция 15. Качество измерительного процесса и его показатели

Измерительный процесс является составной частью любого технологического процесса (см. Л. 9).

От качества измерительного процесса зависит правильность принимаемых решений по управлению технологическими процессами и о соответствии выпускаемой продукции.

Качество измерительного процесса связано со статистическими характеристиками многократных измерений и определяется точностью и достоверностью измерений, рис.1.15.

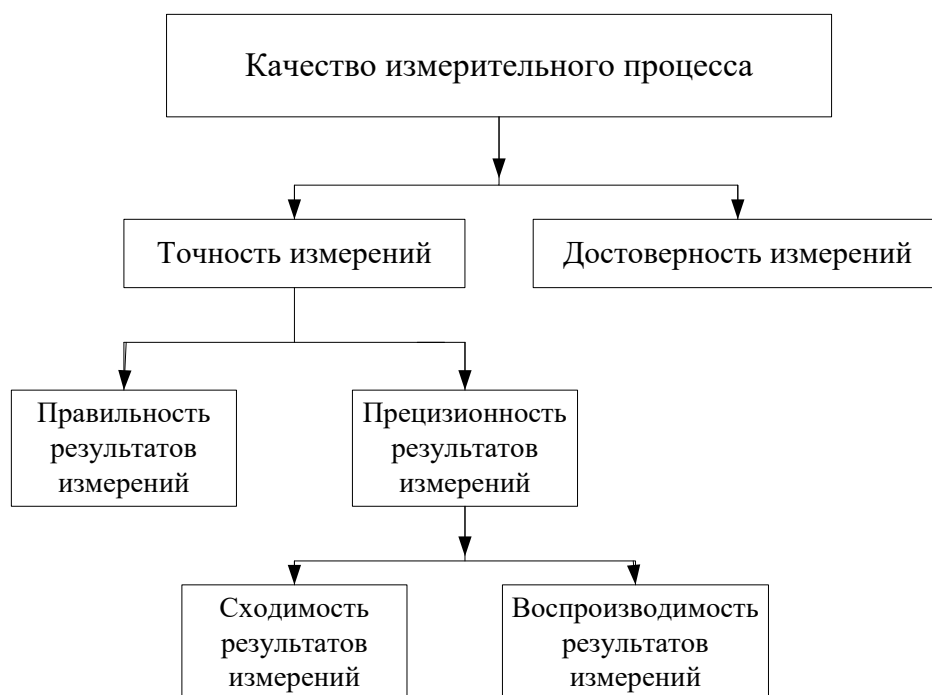


Рисунок 1.15 – Показатели качества измерительного процесса

Точность результата измерений отражает близость к нулю погрешности его результата и является *качественной величиной*.

Высокая точность измерений соответствует малым погрешностям, как систематическим, так и случайным. Точность количественно оценивают обратной величиной модуля относительной погрешности.

Для описания «точности измерений» используют два термина: правильность и прецизионность, см. рис. 1.15.

Правильность измерений – это характеристика измерений, отражающая близость к нулю систематических погрешностей результатов измерений.

Термин «правильность» характеризует степень близости среднего арифметического значения большого числа результатов измерений к истинному значению и оценивается смещением среднего арифметического значения от истинного значения при многократных измерениях физических величин.

Показателем правильности измерений является значение систематической погрешности, которая обусловлена несовершенством реализации принятого метода измерений, погрешностью градуировки применяемого средства измерений, отклонением условий измерения от нормальных и т. д.

Абсолютное значение смещения среднего арифметического значения измеряемой величины, рис.1.16, можно рассчитать по формуле

$$B = \bar{x} - x_{\text{ист}}, \quad \dots\dots\dots(1.7)$$

где B – смещение среднего арифметического значения; \bar{x} – среднее арифметическое значение измеряемой величины; и $x_{\text{ист}}$ – истинное значение измеряемой величины.

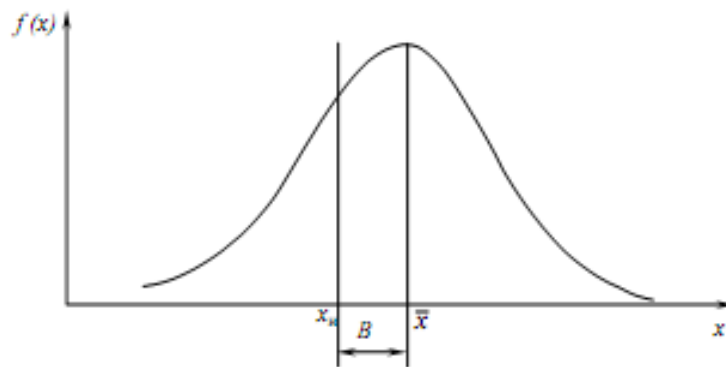


Рисунок 1.16 – Смещение среднего арифметического значения измеряемой величины

Если абсолютное значение смещения известно и постоянно, то в результате измерений вносят соответствующую поправку со знаком, противоположным этому смещению.

Определить значение смещения среднего арифметического значения измеряемой величины возможно только тогда, когда можно прямо или косвенно определить ее истинное значение. Так как истинное значение измеряемой величины неизвестно, то в практике измерений его заменяют опорным значением.

Опорное значение (предполагаемое истинное значение) – это среднее арифметическое значение, полученное при многократном измерении ($n \geq 20$) параметра образца (детали) в метрологической лаборатории с использованием средства измерений более высокой точности, чем средство измерительного процесса.

Образец, как правило, выбирают из числа деталей анализируемого технологического процесса, значение измеряемого параметра которого попадает в середину поля допуска.

Относительное смещение среднего арифметического значения измеряемой величины обозначают $\% B$ и рассчитывают по формуле

$$\% B = \frac{|B|}{JT} 100\%, \quad (1.8)$$

где JT – стандартный допуск.

При анализе измерительного процесса относительное смещение не должно превышать 10 %.

Измерительные процессы могут быть подвержены влиянию различных источников изменчивости: несовершенства метода измерения, неидентичности измеряемых образцов, субъективному влиянию оператора, погрешности используемого оборудования, условий, в которых выполняются измерения и т. д.

Поэтому при повторных измерениях одного и того же образца полученные результаты будут различны. Эти различия обусловлены обычными (случайными) и особыми (неслучайными) причинами.

При естественном ходе процесса его изменчивость обычно обусловлена влиянием множества разнообразных неконтролируемых причин. Принято считать, что процесс находится в «статистически управляемом состоянии», если источником его изменчивости являются только случайные причины, которые имеют стабильное и повторяемое распределение во времени.

Стабильность измерительного процесса (статистически управляемое состояние) – состояние измерительного процесса, при котором удалены все особые (неслучайные) причины изменчивости, т.е. наблюдаемая изменчивость может быть объяснена системой обычных (случайных) причин.

Измерительный процесс, находящийся в статистически управляемом состоянии, характеризуется тем, что ход процесса предсказуем, смещение среднего арифметического значения измеряемой величины либо отсутствует, либо имеет постоянное значение во времени, рис.1.17, и разброс значений измеряемой величины находится в прогнозируемых пределах.

При воздействии на измерительный процесс неслучайных (особых) причин изменчивости (например, отклонений температуры окружающей среды от нормальной), он выходит из статистически управляемого состояния, ход процесса становится непредсказуемым, результаты измерений могут существенно отклоняться от прогнозируемых, а разброс результатов измерений может оказаться неприемлемым.

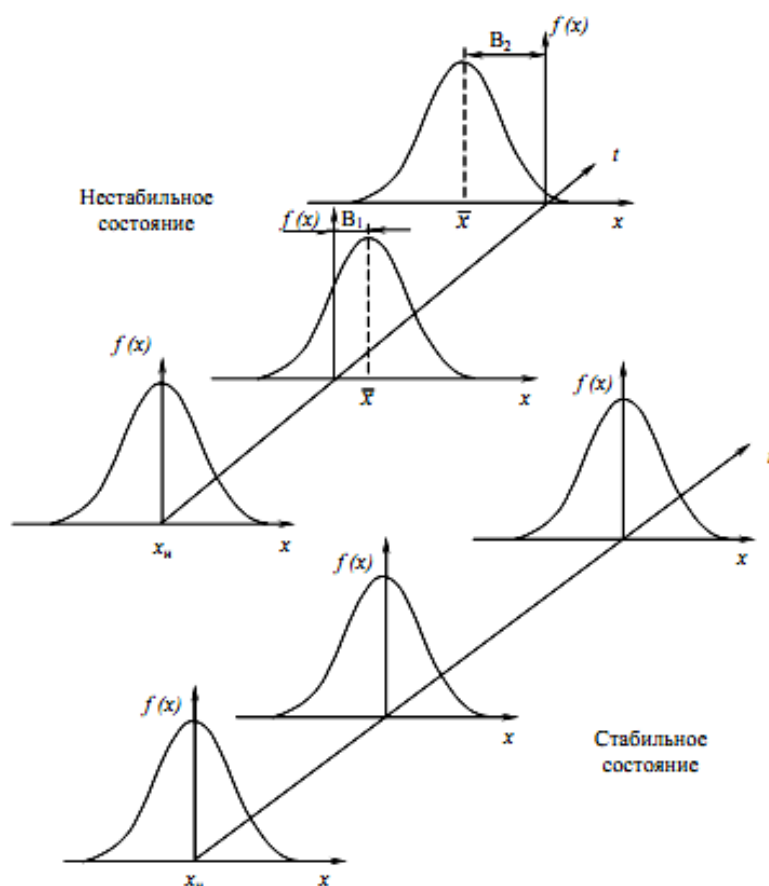


Рисунок 1.17 – Стабильность измерительного процесса

На практике представляется исключительно важным поддерживать измерительный процесс в стабильном статистически управляемом состоянии, для чего используются методы статистического управления процессами. Простым и эффективным средством статистического управления являются контрольные карты, которые отражают текущее состояние процесса, дают возможность производить оценку степени его изменчивости, позволяют определять наличие статистической управляемости и оказывают помощь в достижении подожобной управляемости.

Прецизионность результатов измерений – степень близости друг к другу независимых результатов измерений, полученных в конкретных регламентированных условиях. Прецизионность зависит только от случайных погрешностей и не имеет отношения к истинному значению измеряемой величины. Прецизионность является общим термином для выражения изменчивости повторяющихся измерений и включает в себя сходимость и воспроизводимость результатов измерений, см. рис.1.15.

Сходимость результатов измерений – характеристика качества изме-

рений, отражающая близость результата измерений одной и той же величины, выполненных повторно одним и тем же методом в одинаковых условиях с одинаковой тщательностью, рис.1.18.

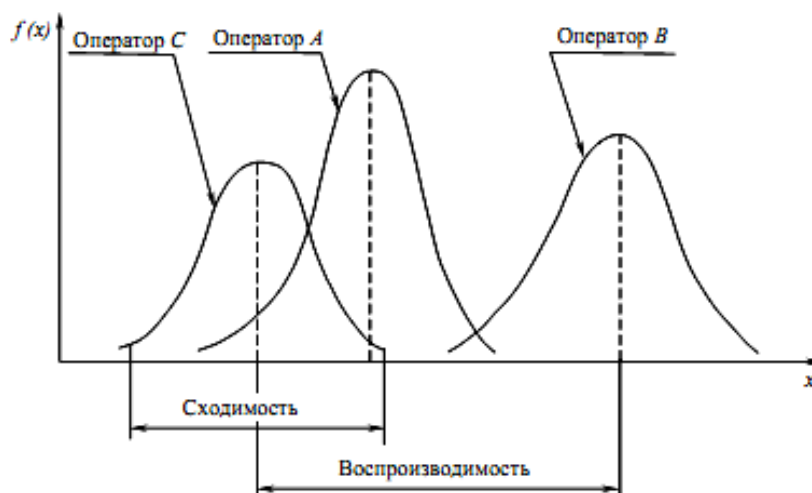


Рисунок 1.18 – Графическая иллюстрация сходимости и воспроизводимости результатов измерений

Необходимость рассмотрения сходимости возникает из-за того, что измерения, выполняемые на предположительно идентичных изделиях при предположительно идентичных условиях, не дают, как правило, идентичных результатов. Это объясняется неизбежными случайными погрешностями, присущими каждому измерительному процессу, а разброс результатов измерений может оказаться неприемлемым.

Сходимость результатов измерений оценивается средней квадратической погрешностью результатов измерений.

Воспроизводимость результатов измерений – это близость результатов измерений одной и той же величины, полученных в различных местах, разными методами, разными средствами, разными операторами, в разное время, но приведенных к одним и тем же условиям измерений (температуре, давлению, влажности и т. д.), см. рис. 1.18. Воспроизводимость, также как и сходимость, количественно может быть выражена средней квадратической погрешностью результата измерения.

Достоверность измерений определяется степенью доверия к результату измерения и характеризуется вероятностью того, что истинное значение измеряемой величины находится в заданных пределах, данная вероятность называется доверительной.

Как следует из анализа погрешностей, достоверность измерений – это близость к нулю случайной или неисключенной систематической погрешности.

В соответствии с ГОСТ Р 51814.5 анализ качества измерительных процессов, входящих в состав технологических процессов, производится в следующей последовательности, рис. 1.19:

- измерительный процесс исследуется на стабильность;
- в случае нестабильного измерительного процесса устраняются особые причины изменчивости;
- оцениваются смещения измерительного процесса;
- оцениваются сходимости и воспроизводимость результатов измерений;
- в случае неприемлемых сходимости и воспроизводимости результатов измерений анализируются причины повышенной изменчивости, проводятся корректирующие действия, повторно оцениваются сходимости и воспроизводимость.

Подтверждение статистических характеристик измерительных процессов рекомендуется осуществлять не реже одного раза в год.

Внеочередное подтверждение статистических характеристик выполняют в случаях замены, модернизации или ремонта средств измерительной техники; изменения технологических процессов, увеличения количества несоответствий измеряемого параметра и т. д.

Рассмотренные показатели используются в международной практике для анализа приемлемости измерительных процессов, используемых для контроля качества выпускаемой продукции и управления технологическими процессами, а также подтверждения или признания компетентности испытательных лабораторий, которыми руководствуются заказчики и органы по аккредитации.

В настоящее время существенно возросли требования к качеству измерительного процесса, значительно расширилась номенклатура измеряемых величин, усложнились средства измерений.

Менее чем за два предыдущих столетия методы измерений и используемые измерительные средства прошли путь развития от самых простых измерений длины, массы, объема, углов до измерения электрических величин, параметров ионизирующих излучений, объектов молекулярной и атомной физики, нанотехнологий.

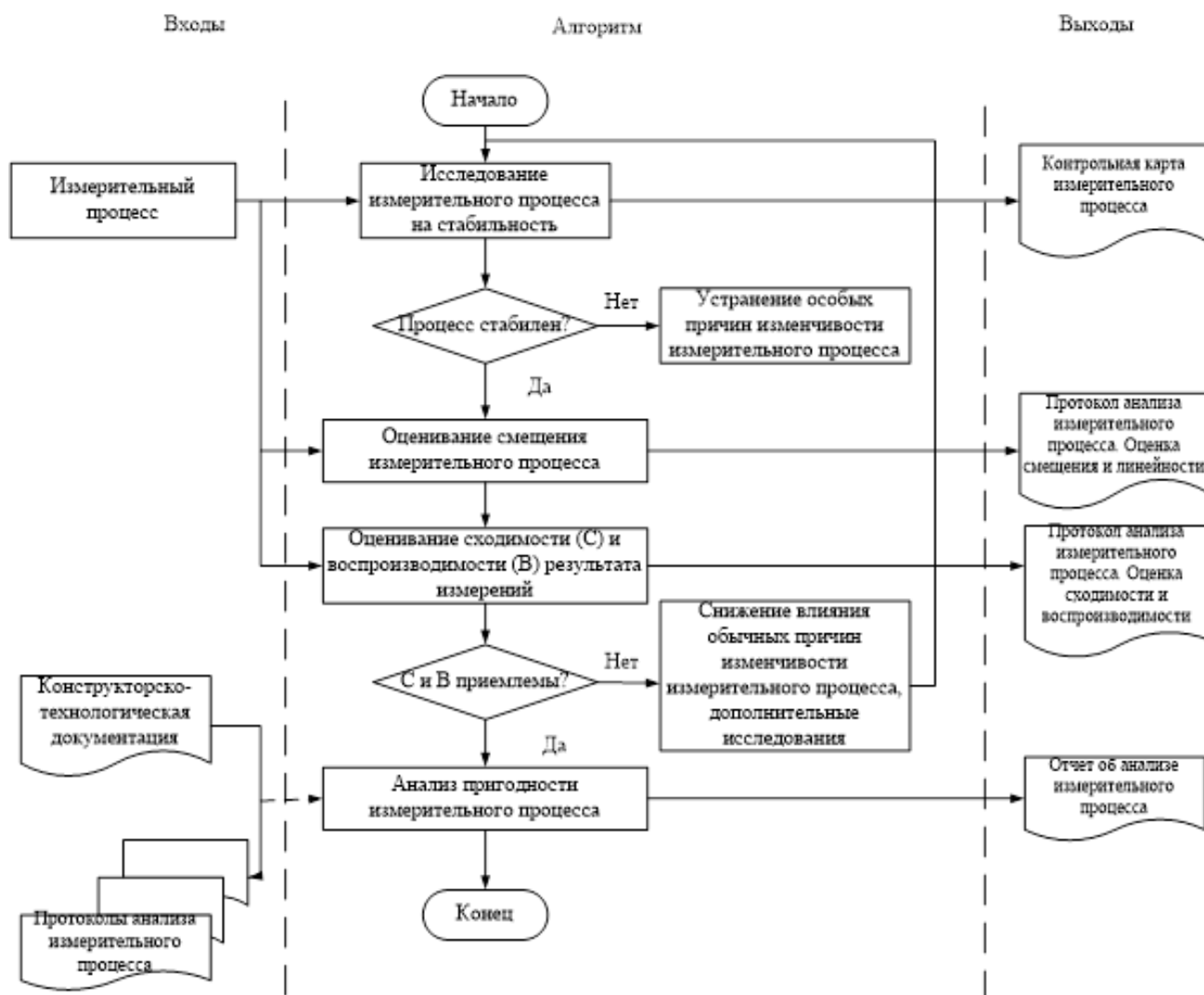


Рисунок 1.19 - Схема оценивания статистических характеристик измерительного процесса

Лекция 16. Особенности измерений в машиностроении

Измерительная техника является неотъемлемой частью материального производства. Качество и, соответственно, конкурентоспособность продукции во многом определяются состоянием измерительной процедуры на предприятии в любой отрасли.

На выполнение измерений приходится до 15...20 % трудовых затрат, а в отраслях промышленности, производящих сложную технику, она достигает 50...70 %. В промышленно развитых странах затраты на получение

достоверных результатов измерений заданной точности достигают 9...12 % ВВП.

Особую роль играют измерения в машиностроении.

Качество выпускаемой продукции на машиностроительных предприятиях во многом зависит от количества и качества измерений, с помощью которых контролируются как технологические параметры производственных процессов, так и параметры, характеристики и свойства получаемых изделий.

Наиболее важное значение в современном машиностроении имеет измерение геометрических форм и размеров деталей.

Измеряют длину и толщину деталей, диаметры (внешние и внутренние), параллельность сторон, углы, шероховатость поверхности и т. д.

При этом ***оценка точности формы и размеров зависит от степени точности измерений.***

Определяющая роль в машиностроении принадлежит методам и средствам измерения линейных и угловых размеров. Измерения длин и углов являются наиболее специфичными и ответственными в производственных цехах, центральных измерительных лабораториях, отделах технического контроля.

На многих предприятиях машиностроительного профиля эти виды измерений составляют 85...90 % всех проводимых видов измерений.

Условия линейных и угловых измерений зачастую характеризуются комплексом влияющих величин, приводящих к отличию рабочих условий измерений от нормальных, что, в свою очередь, вызывает появление дополнительной погрешности средств измерений.

К числу существенных влияющих величин при измерениях длин и углов могут относиться температура, вибрации, давление, влажность, состав окружающего воздуха, ориентация в пространстве, электрические и магнитные поля, т. е. весьма широкий спектр физических факторов.

Контрольно-измерительные инструменты, в т.ч. для линейных и угловых измерений, по назначению подразделяют на универсальные и специальные.

Универсальные измерительные инструменты для измерения линейных размеров (длины, толщины, диаметров) и углов наиболее распространены.

Их подразделяют на простые средства измерений (линейки), штриховые раздвижные инструменты с линейным нониусом (штангенциркули, универсальные угломеры), микрометрические инструменты (микрометры, глубиномеры), оптические приборы (инструментальные микроскопы, измерительные микроскопы) и т. д.

С помощью универсальных инструментов можно измерять линейные размеры с разной точностью. Один и тот же инструмент или прибор можно использовать для измерения разных размеров. Благодаря этой особенности данные измерительные инструменты используют при ремонте. В этом случае они пока являются основным способом контроля размеров.

Универсальные инструменты и приборы для абсолютных измерений используют для непосредственного определения измеряемой величины.

Наиболее распространенными измерительными инструментами данной группы являются измерительные линейки, штангенинструменты (штангенциркули для измерения внешних и внутренних размеров, штангенглубиномеры для измерения глубины отверстий, пазов, штангенрейсмусы для разметки и измерения высоты изделий) и микрометрические измерительные инструменты (микрометры для внешних измерений, микрометрические глубиномеры и нутромеры для измерения внутренних размеров изделий); инструментальные и универсальные микроскопы для измерения углов и линейных размеров деталей и инструментов, а также для поверки калибров.

Приборы для относительных измерений используются, как правило, для определения значений малых линейных размеров, которые не выходят за пределы показаний шкалы измерительной головки. Эти приборы основаны на превращении малых перемещений измерительного стержня в большие перемещения показателя.

В зависимости от принципа действия механизма эти приборы делят на рычажные (рычажные скобы для контроля шлифованных и доведенных поверхностей), с зубчатой передачей (индикаторы часового типа для измерения внешнего размера детали), с рычажно-зубчатой передачей (индикаторные скобы для измерения внешних размеров деталей, индикаторные нутромеры для измерения внутренних размеров детали, рычажные микрометры), с рычажно-винтовой, рычажно-пружинной передачей (мик-

рокаторы), с рычажно-оптической передачей (оптиметры для внешних и внутренних измерений) и т. д.

Для измерения углов и конусов применяют транспортирные (измеряют внешние углы от 0 до 180°) и универсальные (измеряют внешние углы от 0 до 180°, внутренние от 40 до 180°) угломеры, синусные линейки (для точных измерений внешних и внутренних углов деталей непрямым методом), универсальные делительные и оптические головки (для измерения центральных углов от 0 до 360°).

К *специальным средствам измерений* относят методы и способы контроля резьбы (резьбовыми калибрами, резьбовыми шаблонами, резьбовыми микрометрами, резьбовыми микроскопами, с помощью автоматических средств контроля); средства контроля шпоночных (например, специальными калибрами) и шлицевых соединений (комплексными проходными калибрами, а также универсальными измерительными средствами); средства контроля зубчатых передач (приборами для комплексных и поэлементных проверок; с помощью межцентромера, шагомера, эвольвентомера, зубомерного микрометра, нормалемера, штангензубомера и т. д.)

Правильный выбор средства измерений обеспечивает получение достоверной информации необходимой точности.

При этом точность средства измерений должна быть согласована с требованиями к предельно допустимым значениям контролируемых параметров и режимов, в частности, погрешность результатов измерений, получаемых с помощью выбранного средства должна быть значительно меньше допуска на контролируемый параметр изделия.

Недостаточная точность средств измерений приводит к возникновению ложного и необнаруженного брака контроля, а излишняя точность – к повышению трудоемкости и стоимости контрольных операций, а следовательно, к увеличению затрат на производство продукции.

Выбор средств измерений зависит от вида контроля, метрологических факторов, точности изготовления (восстановления) деталей, масштабов производства, конструктивных и экономических показателей.

Например, в общем машиностроении, в ремонтном производстве применяют *две формы контроля*: активный и пассивный контроль.

Активный контроль с прямым измерением размеров детали непосредственно влияет на технологический процесс получения определенного

размера. При активном контроле используют, как правило, специальные контрольные устройства.

Пассивный контроль лишь определяет годность деталей.

При выполнении производственных измерений учитывают следующие **метрологические показатели**: диапазон показаний, диапазон измерений, точность и погрешность измерений.

Погрешность измерений – один из решающих факторов, которые влияют на выбор средств измерений. Погрешность измерений приводит к тому, что часть бракованных деталей поступает на сборку (ошибки второго рода), а часть годных деталей бракуют (ошибки первого рода).

Для избежания ошибок второго рода необходимо уменьшить допуск детали T , т.е. ввести суженный или производственный допуск $T_{пр}$.

Производственный допуск – это допуск на изготовление, уменьшенный с целью устранения негативного влияния погрешностей измерения. Введение производственного допуска полностью исключает поступление на сборку деталей с размерами, которые выходят за пределы определенного допуска.

Используется метод назначения производственного допуска за счет уменьшения гарантированного допуска изделия на удвоенную величину предельной погрешности

$$T_{пр} = T - 2\Delta_{lim}. \quad \dots\dots(1.9)$$

Однако этот метод экономически не всегда целесообразен.

Для установления единых требований при выборе средств измерений регламентируются (ГОСТ 8.051-81) пределы допустимых погрешностей $\Delta_{изм}$ при измерении линейных размеров до 500 мм. При выборе инструмента следует придерживаться условия: $\Delta_{lim} \leq \Delta_{изм}$.

Технически обоснованный выбор средств измерений по точности при измерении или контроле параметров проводится при наличии следующих исходных данных:

- оптимального перечня контролируемых параметров изделия;
- значений допускаемых отклонений для каждого контролируемого параметра и допускаемых значений погрешности измерений для измеряемых параметров;
- допускаемых значений вероятностей ложного и необнаруженного отказов (брака контроля) на каждый из контролируемых параметров, зна-

чений доверительных вероятностей для измеряемых параметров;

- законов распределения отклонений измеряемых (контролируемых) параметров и погрешностей измерений, возникающих при применении средств измерений (контроля) параметров;

- условий измерений, учитывающих механические нагрузки (вибрации, удары, линейные ускорения), климатические воздействия (температура, влажность, атмосферное давление, солнечная радиация), наличие или отсутствие разрушающей среды, в которой эксплуатируются средства измерений или их элементы (агрессивные газы и жидкости, высокая температура, высокое напряжение, электрические и магнитные поля, помехи).

Масштаб производства также влияет на выбор средств измерений. В единичном и мелкосерийном производстве целесообразно использовать универсальные средства измерения, в массовом – специальные средства измерения и калибры.

Конструктивные особенности (габариты, форма, масса) деталей также обуславливают определенные ограничения на выбор средств измерения. Так, массивные детали контролируются переносными и измерительными приборами, а детали небольших размеров – стационарными.

Экономические факторы, которые влияют на выбор средств измерения, включают стоимость средств измерения, длительность их работы до повторного восстановления и ремонта, время на установление и измерение, соответствующую квалификацию оператора.

2. САМОСТОЯТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ ПО КУРСУ

Программа курса предполагает самостоятельное изучение отдельных тем в соответствии со смысловыми модулями.

Самостоятельные работы выполняются с использованием рекомендуемой литературы, с. 146.

Темы самостоятельных работ указаны ниже.

Модуль 1.

Самостоятельная работа 1. Роль выдающихся специалистов в области качества в формировании понятия качества продукции, его контроля и управления (Э. Деминг, Д. Джуран, Ф. Кросби, А. Фейгенбаум).

Самостоятельная работа 2. Способы выражения показателей качества продукции.

Модуль 2.

Самостоятельная работа 3. Особенности исторического развития и становления метрологии как науки. Основные этапы развития отечественной метрологии.

Самостоятельная работа 4. Международное сотрудничество в сфере метрологии. Национальные и международные организации.

Самостоятельная работа 5. Особенности метрологического обеспечения на машиностроительных предприятиях.

Самостоятельная работа 6. Организация надзора за метрологическим обеспечением единства измерений.

Модуль 3.

Самостоятельная работа 7. Понятия контроля и измерения в производственной практике.

Самостоятельная работа 8. Современные эталоны и перспективы их развития. Развитие национальной эталонной базы Украины. Деятельность ННЦ «Институт метрологии»

Самостоятельная работа 9. Испытание и подтверждение соответствия средств измерения.

Самостоятельная работа 10. Ответственность организаций и исполнителей за нарушение метрологического обеспечения.

3. ЛАБОРАТОРНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПО КУРСУ

В соответствии с программой курса в ходе изучения дисциплины предполагается следующие лабораторные и практические работы, которые выполняются с использованием соответствующего лабораторного оборудования, программного обеспечения, методической литературы.

3.1. Лабораторные работы

1. Параметры качества поверхностного слоя деталей машин. Методы и средства их определения (6 час):

1.1. Определение параметров шероховатости поверхности с помощью профилометра-профилографа мод. *Surtronic 3+*.

1.2. Контроль качества материалов с использованием оптического *USB-микроскопа Supereyes B008*.

1.3. Наклеп поверхностного слоя деталей при механической обработке и определение его характеристик методом измерения микротвердости.

2. Компьютерный цветометрический метод определения качества поверхности изделия (6 час):

2.1. Методология лазерного сканирования обработанной поверхности и рабочей поверхности алмазного круга.

2.2. Методика определения динамической прочности алмазных зерен в круге.

3. Высокоточные измерения в машиностроении. Современные измерительные машины (на примере учебно-выставочного измерительного центра кафедры «*Sinergy*») (4 час).

3.2. Практические работы

1. Международные системы единиц измерения физических величин. Система *SI* (2 час).

2. Расчет обобщенного показателя качества машиностроительной продукции на примере металлорежущих станков с ЧПУ (2 час).

3. Экспертная оценка качества. Выбор определяющих показателей качества экспертным методом (на примере характеристик шлифовальных кругов) (4 час).

4. Обработка и форма представления результатов прямого измерения с многократными наблюдениями (4 час).

5. Методы нормирования погрешностей средств измерения (2 час).

6. Организация и методы поверки средств измерения (2 час).

4. ТЕСТОВЫЕ ВОПРОСЫ К МОДУЛЬНЫМ КОНТРОЛЬНЫМ РАБОТАМ

МОДУЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 1

1. Под качеством какой-либо продукции, согласно определению национального и международного стандартов, понимают:
 - А) пригодность для использования
 - В) соответствие назначению
 - С) удовлетворение нужд потребителя
 - Д) совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворять установленные и предполагаемые определенные потребности
2. Когда говорят о качестве продукции, под «продукцией» понимают:
 - А) оборудование и перерабатываемые материалы
 - В) оборудование, перерабатываемые материалы, услуги, программное обеспечение
 - С) перерабатываемые материалы и услуги
 - Д) оборудование и услуги
3. Процесс формирования необходимых свойств и характеристик продукции представляет собой:
 - А) обеспечение качества
 - В) управление качеством
 - С) контроль качества
 - Д) проектирование качества
4. Действия, осуществляемые при создании, эксплуатации или потреблении продукции с целью установления, обеспечения и поддержания необходимого уровня ее качества, представляют собой:
 - А) обеспечение качества
 - В) управление качеством
 - С) контроль качества
 - Д) проектирование качества

5. Объектом управления качеством может выступать:
- A) вся совокупность свойств продукции
 - B) группа свойств
 - C) отдельное свойство продукции
 - D) отдельное свойство, группа свойств, вся совокупность свойств продукции
6. Этап механического контроля («фазы отбраковки») в эволюции качества реализовался:
- A) в XIX в.
 - B) в XX в.
 - C) в XXI в.
 - D) в XVIII в.
7. Понятие качества как соответствие стандартам определялось на этапе эволюции качества, который относится к:
- A) началу XIX в.
 - B) концу XIX в.
 - C) началу XX в.
 - D) концу XX в.
8. Определение качества как соответствия стандартам и стабильности процессов сформировалось:
- A) в фазе отбраковки
 - B) в фазе обеспечения качества
 - C) в фазе управления качеством
 - D) в фазе статистического контроля качества
9. Определение качества как соответствия рыночным требованиям сформировалось:
- A) в фазе отбраковки
 - B) в фазе обеспечения качества
 - C) в фазе управления качеством
 - D) в фазе статистического контроля качества

10. К главным задачам *TQC* относятся:

- А) прогнозируемое устранение потенциальных несоответствий в продукции на стадии конструкторской разработки
- В) проверка качества поставляемой продукции, комплектующих и материалов, управление производством
- С) прогнозируемое устранение потенциальных несоответствий в продукции на стадии конструкторской разработки, развитие службы сервисного обслуживания и надзора за соблюдением соответствия заданным требованиям к качеству
- Д) прогнозируемое устранение потенциальных несоответствий в продукции на стадии конструкторской разработки, проверка качества поставляемой продукции, комплектующих и материалов, управление производством, развитие службы сервисного обслуживания и надзора за соблюдением соответствия заданным требованиям к качеству

11. Идея всеобщего управления качеством появилась в:

- А) 80-е гг. XX в.
- В) 20-е гг. XX в.
- С) в начале XXI в.
- Д) в конце XIX в.

12. Концепция, которая предусматривает всестороннее и скоординированное применение систем и методов управления качеством во всех сферах деятельности от исследований и разработок до послепродажного обслуживания при участии руководства и служащих всех уровней, при рациональном использовании всех технических возможностей, получила название:

- А) комплексное управление качеством продукции
- В) обеспечение качества продукции
- С) всеобщее управление качеством продукции
- Д) иное

13. Стандарты *ISO 9000 (9001)* применимы:

- А) к предприятиям государственной формы собственности
- В) к частным предприятиям
- С) к машиностроительным предприятиям государственной формы собственности

- D) к любым предприятиям независимо от их масштаба, форм собственности и сферы деятельности
14. Базовой основой стандартов *ISO 9000 (9001)* является:
- A) комплексный подход к управлению качеством
 - B) статистический подход к управлению качеством
 - C) механический контроль
 - D) иное
15. Семейство стандартов *ISO 9000* распространяется на категории продукции:
- A) оборудование и перерабатываемые материалы
 - B) услуги и программное обеспечение
 - C) оборудование и перерабатываемые материалы, услуги и программное обеспечение
 - D) оборудование
16. Стандарты серии *ISO 9000 (9001)*:
- A) предлагают методику разработки и построения системы управления качеством
 - B) осуществляют официальную сертификацию методику разработки и построения системы управления качеством
 - C) предлагают методику разработки и построения системы управления качеством, которая может быть сертифицирована, то есть проверена и признана независимым аккредитованным органом по сертификации
 - D) осуществляют сертификацию продукции
17. По количеству характеризующих свойств показатели качества могут быть:
- A) единичными и комплексными
 - B) единичными, комплексными, интегральными, обобщенными
 - C) единичными и комплексными
 - D) обобщенными и интегральными
18. Одно свойство качества характеризуют показатели:
- A) единичные

- В) единичные и комплексные
 - С) интегральные
 - Д) обобщенные
19. Показатели качества, определяющиеся отношением суммарного полезного эффекта от эксплуатации или потребления продукции к суммарным затратам на ее создание или эксплуатацию, называются:
- А) единичными
 - В) комплексными
 - С) интегральными
 - Д) обобщенными
20. Объем сертифицированной продукции в общем объеме является показателем качества:
- А) единичным
 - В) комплексным
 - С) интегральным
 - Д) обобщенным
21. По назначению показатели качества делят на:
- А) единичные и базовые
 - В) базовые и определяющие
 - С) интегральные и единичные
 - Д) обобщенные и интегральные
22. Показатели, имеющие решающее значение при оценке качества продукции, называются:
- А) базовыми
 - В) определяющими
 - С) интегральными
 - Д) обобщенными
23. К показателям качества по характеризующим свойствам относят:
- А) показатели назначения и надежности
 - В) показатели назначения, надежности, технологичности, стандартизации

- С) показатели назначения, надежности, технологичности, стандартизации, экологические, эргономические, эстетические, патентно-правовые
- Д) показатели назначения, надежности, технологичности, стандартизации, экологические
24. По способу выражения показатели качества классифицируют на выраженные в единицах:
- А) натуральных
 - В) натуральных, безразмерных и стоимостных
 - С) натуральных и стоимостных
 - Д) натуральных и безразмерных
25. К объективным методам оценки качества относят:
- А) расчетный
 - В) расчетный, измерительный и регистрационный
 - С) расчетный и измерительный
 - Д) расчетный и регистрационный
26. К эвристическим методам оценки качества относят:
- А) органолептический и экспертный
 - В) органолептический и социологический
 - С) органолептический
 - Д) экспертный и социологический, органолептический
27. Оценка согласованности мнений экспертов в экспертном методе оценки качества продукции определяется:
- А) ранговыми оценками показателей качества
 - В) коэффициентом Стьюдента
 - С) коэффициентом конкордации Кендалла
 - Д) критерием Граббса
28. К показателям назначения агрегатных станков относят:
- А) производительность станка, точность обработки
 - В) производительность станка, точность обработки, шероховатость обработанных поверхностей
 - С) точность обработки, шероховатость обработанных поверхностей

Д) производительность станка, точность обработки, шероховатость обработанных поверхностей, срок службы до капитального ремонта

29. К показателям технологичности агрегатных станков относят:

А) производительность станка, точность обработки, шероховатость обработанных поверхностей

В) производительность станка, точность обработки, шероховатость обработанных поверхностей, срок службы до капитального ремонта

С) коэффициент сборности станка

Д) коэффициент сборности станка, удельную трудоемкость, удельную материалоемкость

30. Понятие «техника обеспечения качества изделия» в машиностроительном производстве включает:

А) проектирование и контроль качества

В) проектирование и управление качеством

С) проектирование качества, управление качеством, контроль качества, информационный поток

Д) проектирование качества, управление качеством и контроль качества

МОДУЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 2

1. Метрология – наука:

А) об измерениях

В) об измерениях и методах измерений

С) об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства

Д) об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и требуемой точности

2. Метрология – это:

А) теория передачи размеров единиц физических величин;

В) теория исходных средств измерений (эталонов);

С) наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и требуемой точности

3. Совокупность операций, выполняемых с помощью технического средства, которое сохраняет единицу величины и позволяет сравнить с ней измеряемую величину, является:
- A) принципом измерений
 - B) методом измерений
 - C) измерением
 - D) моделью измерения
4. Физическое явление или эффект, положенные в основу измерений, называются:
- A) принципом измерений
 - B) методом измерений
 - C) объектом измерений
 - D) физической величиной
5. Прием или совокупность приемов сравнения измеряемой физической величины с ее единицей называются:
- A) принципом измерений
 - B) методом измерений
 - C) объектом измерений
 - D) физической величиной
6. К объектам измерений относят:
- A) образцовые средства и приборы
 - B) физические величины
 - C) измерительные средства и стандартные образцы
7. Одно из свойств физического объекта, которое является общим в качественном отношении для многих физических объектов и отличается по количественному значению для каждого из них, называют:
- A) физической величиной
 - B) константой
 - C) измеряемой величиной
 - D) количественным составом
- 8 Физическая величина – это:
- A) объект измерения

- В) величина, которая подлежит измерению, измеряемая в соответствии с основной целью измерительной задачи
- С) одно из свойств физического объекта, которое является общим в качественном отношении для многих физических объектов и отличается по количественному значению для каждого из них

9. Количественная характеристика физической величины называется:

- А) размером
- В) размерностью
- С) объектом измерения

10. Качественная характеристика физической величины называется:

- А) размером
- В) размерностью
- С) количественным измерением нефизических величин

11. Истинным значением физической величины называется значение, которое:

- А) идеальным образом отражает в качественном отношении соответствующее свойство объекта
- В) идеальным образом отражает в количественном отношении соответствующее свойство объекта
- С) идеальным образом отражает в качественном и количественном отношении соответствующее свойство объекта
- Д) приближенно отражает в качественном и количественном отношении соответствующее свойство объекта

12. Указать верное утверждение:

- А) истинного значения физической величины не существует
- В) истинное значение физической величины существует, возможно определить его путем измерения
- С) истинное значение физической величины существует, однако определить его путем измерения невозможно
- Д) действительное значение физической величины – это и есть истинное значение

13. Указать верное утверждение «действительное значение физической величины» - это:
- A) ее истинное значение
 - B) ее значение, найденное путем расчетов
 - C) значение физической величины, найденное экспериментальным путем
 - D) значение физической величины, найденное экспериментальным путем и настолько приближающееся к истинному, что для данной цели может быть использовано вместо него
14. Составными частями метрологии являются:
- A) фундаментальная и практическая метрология
 - B) законодательная и практическая метрология
 - C) фундаментальная, законодательная и практическая метрология
 - D) фундаментальная и законодательная метрология
15. Научной основой метрологического обеспечения является:
- A) метрологическая служба страны
 - B) система средств измерений
 - C) метрология как наука об измерениях
 - D) единство измерений
16. Совокупность субъектов деятельности и видов работ, направленных на обеспечение единства измерений, является:
- A) единством измерений
 - B) метрологической службой
 - C) принципом измерений
 - D) метрологией
17. Установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений, называется:
- A) единством измерений
 - B) метрологическим обеспечением
 - C) метрологией
 - D) стандартизацией

18. Единство измерений обеспечено, если:
- А) результаты измерений выражены в узаконенных единицах
 - В) результаты измерений выражены в узаконенных единицах; значения показателей точности результатов измерений известны с необходимой заданной достоверностью
 - С) значения показателей точности результатов измерений известны с необходимой заданной достоверностью
 - Д) результаты измерений выражены в произвольных для данной величины единицах; значения показателей точности результатов измерений известны с необходимой заданной достоверностью
19. Наиболее весомыми международными метрологическими организациями являются:
- А) МОМВ и ИСО
 - В) МЭК и ИСО
 - С) МОМВ и МОЗМ
 - Д) МОЗМ и ИСО
20. Метрологическое обеспечение подготовки производства включает в себя следующие виды деятельности (указать лишнее):
- А) установление рациональной номенклатуры измерительных параметров и норм точности
 - В) оптимальный выбор номенклатуры контролируемых параметров и обеспеченности рабочих мест средствами и методиками измерений
 - С) обеспечение технологических процессов наиболее совершенными методиками выполнения измерений, гарантирующими необходимую точность измерений
 - Д) обеспечение метрологического обслуживания и поверки средств измерения
21. Метрологическое обеспечение подготовки производства включает в себя следующие виды деятельности:
- А) установление рациональной номенклатуры измерительных параметров и норм точности
 - В) установление рациональной номенклатуры измерительных параметров и норм точности, оптимальный выбор номенклатуры контро-

лируемых параметров и обеспеченности рабочих мест средствами и методиками измерений

С) установление рациональной номенклатуры измерительных параметров и норм точности, оптимальный выбор номенклатуры контролируемых параметров и обеспеченности рабочих мест средствами и методиками измерений, обеспечение производства средств измерений, средств обработки и представления информации

Д) установление рациональной номенклатуры измерительных параметров и норм точности, обеспечение производства средств измерений, средств обработки и представления информации

22. Подготовка производственного персонала и работников соответствующих служб к выполнению контрольно-измерительных операций, поверки, юстировки средств измерений является видом деятельности на этапе:

А) метрологического обеспечения подготовки производства

В) метрологического обеспечения производства

С) контроля качества

Д) иное

23. Организация и проведение метрологического контроля и экспертизы конструкторско-технической документации реализуются на этапе:

А) метрологического обеспечения производства

В) метрологического обеспечения подготовки производства

С) контроля качества

Д) иное

24. Работы по метрологическому обеспечению подготовки производства выполняют:

А) конструкторские службы

В) метрологические и технологические службы

С) конструкторские, метрологические и технологические службы

Д) конструкторские и технологические службы

25. Метрологическая экспертиза включает:

А) анализ и оценку технических решений по выбору параметров, подлежащих измерениям

В) анализ и оценку технических решений по выбору параметров, подлежащих измерениям; установление требований к точности измерений и обеспечению методами и средствами измерения процессов разработки, изготовления, испытания, эксплуатации и ремонта продукции

С) установление требований к точности измерений и обеспечению методами и средствами измерения процессов разработки, изготовления, испытания, эксплуатации и ремонта продукции

Д) анализ и оценку технических решений по выбору параметров, подлежащих измерениям; установление требований к точности измерений и обеспечению методами и средствами измерения процессов разработки продукции

26. Метрологической экспертизе подвергают документацию:

А) документы на стадии разработки технического задания и документы на стадии изготовления изделий

В) рабочую конструкторскую документацию и документы на стадии изготовления изделий

С) документы, используемые на стадии разработки конструкции; рабочую конструкторскую документацию; перспективные проекты технологической документации

Д) документы, используемые на стадии разработки конструкции; рабочую конструкторскую документацию; перспективные проекты технологической документации и рабочую технологическую документацию; документы на стадии изготовления изделий

27. Основными объектами анализа при метрологической экспертизе являются:

А) рациональность номенклатуры измеряемых параметров, оптимальность требований к точности измерений, объективность и полнота требований к точности средств измерений

В) оптимальность требований к точности измерений, объективность и полнота требований к точности средств измерений

С) рациональность номенклатуры измеряемых параметров, оптимальность требований к точности измерений, объективность и полнота требований к точности средств измерений, контролепригодность, соответствие фактической точности требуемой, рациональ-

ность выбранных методик и средств измерения, метрологические термины

D) оптимальность требований к точности измерений, объективность и полнота требований к точности средств измерений контролепригодность, соответствие фактической точности требуемой, рациональность выбранных методик и средств измерения, метрологические термины

28. Контроль метрологических терминов, наименования величин и обозначения единиц является объектом анализа при метрологической экспертизе документации:

A) технического задания, пояснительной записки к техническим и эскизным проектам

B) протокола испытаний, технических условий

C) всех видов технической документации

D) технологических инструкций и регламентов, технологических карт, проектных документов

29. Метрологической экспертизе подвергают документацию:

A) на продукцию основного производства

B) на продукцию вспомогательного производства

C) на продукцию основного и вспомогательного производств, содержащую требования к средствам измерений, условиям, процедуре измерений, а также нормы и показатели точности измерений

D) на продукцию основного производства, содержащую требования к средствам измерений, условиям, процедуре измерений, а также нормы и показатели точности измерений

30. Основными задачами метрологической экспертизы технологических документов являются:

A) анализ достаточности методов контроля и устанавливаемых в технологической документации норм точности, проверка соответствия производительности метода контроля производительности технологического процесса

B) проверка полноты и определенности описания операций контроля

C) расчет экономичности выбранного метода контроля

Д) анализ достаточности методов контроля и устанавливаемых в технологической документации норм точности, проверка соответствия производительности метода контроля производительности технологического процесса; проверка полноты и определенности описания операций контроля; расчет экономичности выбранного метода контроля

МОДУЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 3

1. Измерением называют совокупность операций:

- А) выполняемых с помощью технического средства
- В) выполняемых с помощью технического средства, которое сохраняет единицу величины
- С) выполняемых с помощью технического средства, которое позволяет сравнить измеряемую величину с единицей данной величины
- Д) выполняемых с помощью технического средства, которое сохраняет единицу величины и позволяет сравнить с ней измеряемую величину

2. Измерением называется:

- А) выбор технического средства, которое имеет нормированные метрологические характеристики
- А) операция сравнения неизвестного с известным
- В) нахождение значения физических величин с помощью технических средств

3. Объектом измерения может быть:

- А) тело, вещество
- В) вещество
- С) процесс
- Д) тело, вещество, процесс

4. Затраты на обеспечение и проведение измерений от общих затрат на производство продукции составляют:

- А) 20 %
- В) 50 %
- С) 70 %

D) 5 %

5. Основными этапами процедуры измерения являются:

- A) постановка измерительной задачи и планирование измерений
- B) постановка измерительной задачи, планирование измерений, проведение измерительного эксперимента, обработка экспериментальных данных
- C) постановка измерительной задачи, проведение измерительного эксперимента, обработка экспериментальных данных
- D) планирование измерений, проведение измерительного эксперимента, обработка экспериментальных данных

6. Завершающей стадией этапа обработки экспериментальных данных при реализации процедуры измерения является:

- A) вычисление поправок на систематические погрешности
- B) запись результатов измерений и показателей погрешностей в произвольной форме
- C) запись результатов измерений и показателей погрешностей в соответствии с установленной формой представления
- D) иное

7. В зависимости от единиц измерения различают измерения:

- A) статистические и статические
- B) совокупные и совместные
- C) абсолютные и относительные
- D) прямые и косвенные

8. По характеру изменения измеряемой величины различают измерения (указать лишнее):

- A) статические
- B) динамические
- C) статистические
- D) случайные

9. Измерение может основываться:

- A) на рассуждениях
- B) на расчетах

- C) на экспериментальных процедурах
 - D) на интуиции
10. По способу получения значений измеряемых величин различают методы измерений:
- A) метод непосредственной оценки и метод сравнения с мерой
 - B) контактный и бесконтактный метод
 - C) инструментальный и экспертный
 - D) органолептический
11. По способу получения информации измерения могут быть:
- A) прямыми и косвенными
 - B) совокупными и общими
 - C) прямыми, косвенными, совокупными
 - D) прямыми, косвенными, совокупными, общими
12. В зависимости от отношения к основным единицам различают измерения:
- A) абсолютные и относительные
 - B) контактные и бесконтактные
 - C) технические и метрологические
 - D) равноточные и неравноточные
13. В зависимости от типа применяемых измерительных средств различают методы измерений (указать лишнее):
- A) инструментальный
 - B) экспертный
 - C) контактный и бесконтактный
 - D) органолептический
14. По характеру изменения измеряемой величины различают измерения (указать лишнее):
- A) статистические
 - B) статические
 - C) совокупные
 - D) динамические

15. По количеству замеров информации различают измерения:
- A) однократные и двукратные
 - B) однократные и трехкратные
 - C) однократные и многократные
 - D) иные
16. В зависимости от количества измерений различают измерения:
- а) однократные и многократные
 - б) технические и метрологические
 - в) равноточные и неравноточные
17. По способу получения информации измерения могут быть (указать лишнее):
- A) прямыми
 - B) косвенными
 - C) совокупными и совместными
 - D) статистическими
18. При одновременном измерении нескольких неоднородных величин измерения называют:
- A) непрямыми
 - B) совместными
 - C) совокупными
19. Измерения, при которых значения измеряемой величины находят на основе известной зависимости между ней и величинами, которые измеряют прямым измерением, называют:
- A) непрямыми
 - B) совместными
 - C) совокупными
20. Измерения, при которых скорость изменения измеряемой величины сравнима со скоростью измерений, называют:
- A) техническими
 - B) метрологическими
 - C) динамическими

21. По способу получения результата все измерения подразделяются на:
- А) статические и динамические
 - В) прямые и непрямые
 - С) прямые, непрямые, совместные и совокупные
22. В зависимости от выражения результатов измерения делятся на:
- А) равноточные и неравноточные;
 - В) абсолютные и относительные
 - С) технические и метрологические
23. Эталон может быть (указать лишнее):
- А) физическим телом
 - В) стандартизированной измерительной процедурой
 - С) рабочим средством измерений
 - Д) явлением природы
24. Для поверки эталонов-копий предназначены:
- А) государственные эталоны
 - В) эталоны сравнения
 - С) эталоны 1-го разряда
25. Для поверки рабочих эталонов предназначены:
- А) эталоны-копии
 - В) государственные эталоны
 - С) эталоны сравнения
26. Для поверки рабочих средств и приборов предназначены:
- А) рабочие эталоны
 - В) эталоны-копии
 - С) эталоны сравнения
27. Исторически первыми официально утвержденными эталонами были прототипы:
- А) метра и ампера
 - В) сантиметра и грамма
 - С) метра и килограмма
 - Д) метра и сантиметра
28. Современное определение метра связано:

- A) с длиной меридиана, проходящего через Париж
- B) с длиной волны спектральных линий излучения атомов
- C) со скоростью света в вакууме
- D) с платиноиридиевыми эталонами метра

29. «Вечными мерами» называют:

- A) первичные эталоны
- B) плоскопараллельные концевые меры
- C) эталоны, связанные с квантовыми явлениями
- D) вторичные эталоны

30. Эталон, который хранит единицу измерения или участок шкалы, полученные путем сличения с первичным эталоном, для последующей передачи рабочим эталонам, называется:

- A) вторичным
- B) рабочим
- C) хранящим
- D) нулевым

31. Эталон, который воспроизводит единицу физической величины (участок шкалы) с наивысшей точностью, возможной в данной области измерений на современном этапе научно-исследовательских достижений, называется:

- A) наивысшим
- B) высоким
- C) первичным
- D) нулевым

32. Функции, которые реализует средство измерения:

- A) воспроизводит величину заданного размера
- B) вырабатывает сигнал, несущий информацию о значении измеряемой величины
- C) воспроизводит величину заданного размера или вырабатывает сигнал, несущий информацию о значении измеряемой величины
- D) другое

33. По конструктивному исполнению и форме представления измерительной информации средства измерений подразделяют на:
- А) меры физической величины, измерительные преобразователи
 - В) меры физической величины, измерительные преобразователи, приборы и установки
 - С) измерительные преобразователи и приборы
 - Д) измерительные приборы и установки
34. Средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем, является:
- А) измерительным преобразователем
 - В) мерой
 - С) измерительным прибором
 - Д) измерительной системой
35. Средство измерений, предназначенное для воспроизведения одного или нескольких фиксированных значений физической величины, называется:
- А) мерой
 - В) измерительной установкой
 - С) измерительным преобразователем
 - Д) измерительным прибором
36. Средство измерения, обеспечивающее воспроизведение и хранение законных единиц физических величин (участка шкалы), а также передачу их размера другим средствам измерения, называется:
- А) прибором
 - В) эталоном
 - С) метрологическим обеспечением
 - Д) единством измерений
37. Совокупность функционально объединенных средств измерений и вспомогательных устройств, предназначенная для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для непосредственного восприятия наблюдателем и расположенная в одном месте, называется:

- A) мерой
 - B) измерительной установкой
 - C) измерительным преобразователем
 - D) измерительным прибором
38. Средство измерения, предназначенное для преобразования сигналов измерительной информации в форму, целесообразную для передачи, обработки или хранения, называется:
- A) измерительным преобразователем
 - B) мерой
 - C) измерительным прибором
 - D) измерительной системой
39. Основными видами средств измерений являются следующие:
- A) меры, измерительные преобразователи
 - B) измерительные приборы и установки
 - C) меры, измерительные преобразователи и приборы
 - D) меры, измерительные преобразователи и приборы, измерительные установки
40. По условиям применения рабочие средства могут быть:
- A) лабораторными
 - B) производственными
 - C) лабораторными, производственными, полевыми
 - D) лабораторными и производственными
41. Средства измерений, не связанные с передачей размера единицы другим средствам измерений, являются:
- A) вторичным эталоном
 - B) рабочим эталоном
 - C) национальным эталоном
 - D) рабочим средством измерений
42. К метрологическим характеристикам средств измерения относят (указать лишнее):
- A) характеристики для определения результата измерений
 - B) характеристики погрешности

- C) характеристики чувствительности к влияющим величинам
 - D) весовые характеристики средства измерения
43. К метрологическим характеристикам средств измерения относят (указать лишнее):
- A) функцию преобразования
 - B) чувствительность
 - C) измерительный преобразователь
 - D) цену деления шкалы
44. К номенклатуре метрологических характеристик средств измерения относят:
- A) характеристики, предназначенные для определения результата измерения и характеристики погрешностей результата измерений
 - B) характеристики, предназначенные для определения результата измерения и характеристики чувствительности средств измерений к влияющим факторам
 - C) характеристики, предназначенные для определения результата измерения и динамические характеристики
 - D) характеристики, предназначенные для определения результата измерения и характеристики погрешностей результата измерений, динамические характеристики и т. д.
45. К метрологическим характеристикам средств измерения относят (указать лишнее):
- A) характеристики для определения результата измерений
 - B) характеристики погрешности
 - C) характеристики чувствительности к влияющим величинам
 - D) весовые характеристики средства измерения
46. К метрологическим характеристикам средств измерения относят (указать лишнее):
- A) функцию преобразования
 - B) чувствительность
 - C) измерительную систему
 - D) цену деления шкалы

47. К метрологическим характеристикам средств измерения относят погрешности (указать лишнее):
- A) абсолютную
 - B) основную
 - C) систематическую
 - D) случайную
48. Нормированные метрологические характеристики средства измерений могут быть представлены:
- A) в виде числа и формулы
 - B) в виде числа, формулы, таблицы, графика
 - C) в виде таблицы и графика
 - D) в виде числа, таблицы и графика
49. Нормативные, типовые метрологические характеристики средства измерения учитываются при измерениях:
- A) с точной оценкой погрешности
 - B) с приближенной оценкой погрешности
 - C) с предварительной оценкой погрешности
 - D) с абсолютной оценкой погрешности
50. По типовым методикам выполнения измерений, регламентированным нормативно-технической документацией, выполняются измерения:
- A) с точной оценкой погрешности
 - B) с приближенной оценкой погрешности
 - C) с предварительной оценкой погрешности
 - D) с абсолютной оценкой погрешности
51. Индивидуальные метрологические свойства и характеристики средства измерения учитываются при измерениях:
- A) с точной оценкой погрешности
 - B) с приближенной оценкой погрешности
 - C) с предварительной оценкой погрешности
 - D) с абсолютной оценкой погрешности
52. К неметрологическим характеристикам средств измерения относят показатели (указать лишнее):

- A) надежности
- B) устойчивости к механическим воздействиям
- C) потребляемую мощность
- D) характеристики чувствительности к влияющим величинам

53. Совокупность действий, выполняемых для определения и оценки погрешностей средств измерений, называют:

- A) экспериментом
- B) проверкой
- C) поверкой
- D) оценкой качества

54. Совокупность действий, выполняемых для определения и оценки погрешностей средств измерений, называется:

- A) компарацией
- B) автоматизацией
- C) стимуляцией
- D) поверкой

55. В зависимости от целей и назначения результатов поверки различают следующие виды поверки (указать лишнее):

- A) первичную и периодическую
- B) внеочередную
- C) инспекционную и экспертную
- D) очередную

56. К основным методам поверки средств измерения относят (указать лишнее):

- A) без использования компаратора
- B) с использованием компаратора
- C) прямым или косвенным измерением
- D) с помощью поверочной схемы

57. Количественной характеристикой качества измерений является:

- A) погрешность измерения
- B) действительное значение величины
- C) номинальное значение величины

D) истинное значение величины

58. Качество измерений характеризуется:

- A) точностью результата измерений
- B) достоверностью и правильностью измерений
- C) сходимостью и воспроизводимостью
- D) всеми показателями, указанными в пп. А, В, С

59. Правильность измерений – это:

- A) характеристика качества измерений, которая отражает близость к нулю систематических погрешностей результатов измерений
- B) характеристика качества измерений, которая отражает близость друг к другу результатов измерения одной и той же величины, выполняемых повторно при идентичных методах, средствах и условиях измерений
- C) характеристика качества измерений, которая отражает близость друг к другу результатов измерения одной и той же величины, выполняемых в разных местах, разными методами и средствами, разными операторами, но в одинаковых условиях

60. Сходимость результатов измерений – это:

- A) характеристика качества измерений, которая отражает близость к нулю систематических погрешностей результатов измерений
- B) характеристика качества измерений, которая отражает близость друг к другу результатов измерения одной и той же величины, выполняемых повторно при идентичных методах, средствах и условиях измерений, отражает влияние случайных погрешностей на результат измерений
- C) характеристика качества измерений, которая отражает близость друг к другу результатов измерения одной и той же величины, выполняемых в разных местах, разными методами и средствами, разными операторами, но в одинаковых условиях

61. Воспроизводимость измерений – это:

- A) характеристика качества измерений, которая отражает близость к нулю систематических погрешностей результатов измерений

В) характеристика качества измерений, которая отражает близость к друг к другу результатов измерения одной и той же величины, выполняемых повторно при идентичных методах, средствах и условиях измерений, отражает влияние случайных погрешностей на результат измерений

С) характеристика качества измерений, которая отражает близость друг к другу результатов измерения одной и той же величины, выполняемых в разных местах, разными методами и средствами, разными операторами, но в одинаковых условиях

62. Погрешность, которая при повторных измерениях одной и той же величины в одних и тех же условиях остается постоянной или закономерно изменяется, называется:

- А) абсолютной
- В) относительной
- С) случайной
- Д) систематической

63. Погрешность, выраженная в долях измеряемой величины, называется:

- А) абсолютной
- В) относительной
- С) приведенной
- Д) другое

64. Отношение абсолютной погрешности к условно принятому (нормирующему) значению измеряемой величины называется:

- А) абсолютной погрешностью
- В) относительной погрешностью
- С) приведенной погрешностью
- Д) иное

65. Погрешность, которая при повторных измерениях одной и той же величины в одних и тех же условиях непостоянна по величине и знаку, называется:

- А) абсолютной
- В) относительной
- С) случайной

D) систематической

66. Погрешность, которая при повторных измерениях одной и той же величины в одних и тех же условиях остается постоянной или закономерно изменяется, называется:

- A) абсолютной
- B) относительной
- C) случайной
- D) систематической

67. Погрешности, которые значительно превышают систематические или случайные погрешности, называют:

- A) абсолютными
- B) относительными
- C) промахами
- D) артефактами

68. По источнику возникновения различают погрешности (указать лишнее):

- A) инструментальные
- B) методические
- C) субъективные
- D) объективные

69. В зависимости от условий возникновения у средств измерения различают погрешности:

- A) абсолютные и относительные
- B) систематические и случайные
- C) основные и дополнительные
- D) другое

70. Систематическую составляющую погрешности измерения можно уменьшить:

- A) переходом на другой диапазон измерения прибора
- B) введением поправки в результат измерения
- C) n – кратным наблюдением исследуемой величины

71. Случайную составляющую погрешности измерения можно уменьшить:
- А) переходом на другой диапазон измерения прибора
 - В) введением поправки в результат измерения
 - С) n – кратным наблюдением исследуемой величины
72. Уменьшение влияния случайных погрешностей на результат измерения достигается:
- А) измерением с многократным наблюдением измеряемой величины
 - В) введением поправки в результат измерения
 - С) повторными измерениями другим оператором или с использованием другого измерительного средства
73. Уменьшение влияния случайных погрешностей на результат измерения достигается:
- А) измерением с многократным наблюдением измеряемой величины
 - В) введением поправки в результат измерения
 - С) повторными измерениями другим оператором или с использованием другого измерительного средства
74. Составляющие погрешности, не зависящие от значения измеряемой величины, называют:
- А) абсолютными
 - В) относительными
 - С) аддитивными
 - Д) мультипликативными
75. При оценке погрешности различают измерения (указать лишнее):
- А) с точной оценкой погрешности
 - В) с приближенной оценкой погрешности
 - С) с предварительной оценкой погрешности
 - Д) с абсолютной оценкой погрешности
76. Методами математической статистики описываются погрешности:
- А) систематические
 - В) случайные
 - С) промахи
 - Д) иные

77. Многократными называют измерения случайной величины с числом измерений:

- A) более 1-го
- B) более 2-х
- C) более или равных 3-м
- D) более 3-х

5. ВОПРОСЫ ПО КУРСУ ДЛЯ ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ

1. Качество продукции и ее обеспечение
2. Качество продукции как интегрирующее понятие
3. Показатели качества продукции и их классификация
4. Методы оценки качества продукции
5. Эволюция качества продукции и подходов к его управлению
6. Системный подход к обеспечению качества продукции
7. Семейство международных стандартов *ISO 9000 (9001)* и их роль в обеспечении качества
8. Метрологическое обеспечение как составляющая часть систем управления качеством продукции
9. Метрологическое обеспечение на этапах жизненного цикла продукции
10. Особенности метрологического обеспечения на машиностроительных предприятиях
11. Метрологическая экспертиза технической документации
12. Основные принципы измерений
13. Виды и методы измерений
14. Средства измерений и их метрологические характеристики
15. Измерительная процедура и ее основные этапы
16. Информационные измерительные технологии
17. Качество измерительного процесса и его показатели
18. Погрешность результата измерений и ее составляющие
19. Принципы учета и минимизации погрешностей измерения
20. Форма представления результатов измерения

21. Особенности и роль измерений в машиностроении
22. Национальная метрологическая служба и ее направленность на обеспечение качества продукции

6. РАСЧЕТНОЕ ЗАДАНИЕ «ОЦЕНКА УРОВНЯ КАЧЕСТВА ОДНОРОДНОЙ ПРОДУКЦИИ»

6.1. Теоретические сведения

6.1.1. Понятия качества и уровня качества продукции

Под *качеством* какой-либо продукции, согласно определению национального и международного стандартов *ISO 8402–86*, ДСТУ *ISO 9000-1-95*, часть 1 («Стандарти з управління якістю і забезпеченню якості»), ДСТУ 3230-95 («Управління якістю та забезпечення якості. Терміни та визначення»), понимают совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворять установленные и предполагаемые определенные потребности.

Термин «качество» не используют сам по себе для передачи степени превосходства в сравнительном значении или для технических оценок в количественном значении.

Чтобы выразить такие значения, можно применять термины «относительное качество» – если объекты классифицируют в зависимости от степени их превосходства или в сравнительном смысле; «уровень качества» – в количественном смысле (например, при статистическом приемочном контроле); «мера качества» – при проведении точных технических оценок.

Вклад в качество различных стадий жизненного цикла продукции иногда идентифицируют отдельно с целью их выделения, например, качество, обусловленное потребностями; качество, обусловленное проектированием продукции; качество, обусловленное соответствием; качество, обусловленное техническим обслуживанием продукции на протяжении жизненного цикла и т. д.

Достаточно часто в практике используют такое понятие как *технический уровень качества продукции*.

Практически оценка технического уровня качества продукции состоит в установлении соответствия продукции мировому, региональному (например, европейскому), национальному уровню качества или уровню качества отрасли.

Уровень качества – это не абсолютное значение качества продукции, а относительная величина, которая показывает, насколько выше или ниже фактическое качество продукции относительно аналога (базовых показателей аналога).

Базовыми показателями аналога могут выступать проектные показатели того же изделия, приведенные в техническом задании на проектирование, или фактические показатели того же изделия на какой-то момент производства, показатели другого изделия аналогичного назначения (например, лучших отечественных или зарубежных образцов), а также стандарты или нормативные документы.

В зарубежной практике оценка уровня качества называется эталонным тестированием, то есть предполагает сравнение качества изделия, которое выпускается, с эталоном (аналогом).

6.1.2. Задачи и порядок процедуры оценки технического уровня качества продукции

Оценка технического уровня качества продукции производится для объективного решения следующих основных задач: обеспечения и выбора наилучшего (или оптимального) метода управления качеством; аттестации продукции по категориям качества; выбора варианта продукции; планирования показателей качества создаваемой техники; анализа изменения уровня качества.

Промышленная продукция, которая по показателям технического уровня и качества превосходит лучшие отечественные и зарубежные достижения или соответствует им, определяет технический прогресс, обеспечивает значительное повышение производительности труда, экономию материалов, топлива и электроэнергии, экологически безопасна, удовлетво-

ряет потребности населения страны и конкурентоспособна на внешнем рынке.

Эта продукция должна характеризоваться стабильностью показателей технического уровня и качества, основанной на строгом соблюдении технологической дисциплины и на высокой культуре производства.

На продукцию высшей категории качества изготовителем должны обеспечиваться повышенные гарантии надежности, безопасности и других важнейших показателей качества.

Уровень качества продукции оценивается на всех этапах жизненного цикла изделия: при проектировании и конструировании, при изготовлении и в процессе эксплуатации.

Порядок (последовательность действий) процедуры оценки уровня качества продукции приведен на рис.6.1.

Наиболее ответственным этапом оценки уровня качества является выбор показателей аналога на этапе проектирования нового изделия. От выбора аналога будет зависеть не только уровень качества проектируемого изделия, но и в значительной степени судьба самого предприятия. Важнейшими вопросами при этом являются – сможет ли новое изделие потеснить конкурентов, долго ли оно будет присутствовать на рынке, окупятся ли затраты на подготовку производства.

Выбор аналога, исходя из рекомендаций мировой практики, осуществляется на основе следующих вариантов:

- аналогом являются реально поступившие в продажу в Украине или за рубежом изделия аналогичного назначения;

- аналогом являются изделия, которые находятся в стадии разработки;
- аналог выбирается на основе нормативно-технической документации и стандартов (отечественных и международных).

Первый вариант является наиболее простым для решения поставленной задачи, однако не оптимальным.

К реально существующим изделиям-аналогам должны предъявляться требования технического совершенства. Такие аналоги должны находиться на высоком уровне качества, поскольку ориентированная на этот уровень качества продукция поступит на рынок намного позже. Прогресс в любой

отрасли техники возможен только при превышении показателей будущих моделей по сравнению с предыдущими.

Иногда как аналог выбирается последняя, поступившая в продажу модель того же предприятия. Это целесообразно в случае, если на рынке нет достойных конкурентов данной модели.

Оптимальным вариантом является выбор в качестве аналога изделий, которые находятся в стадии разработки или освоения.

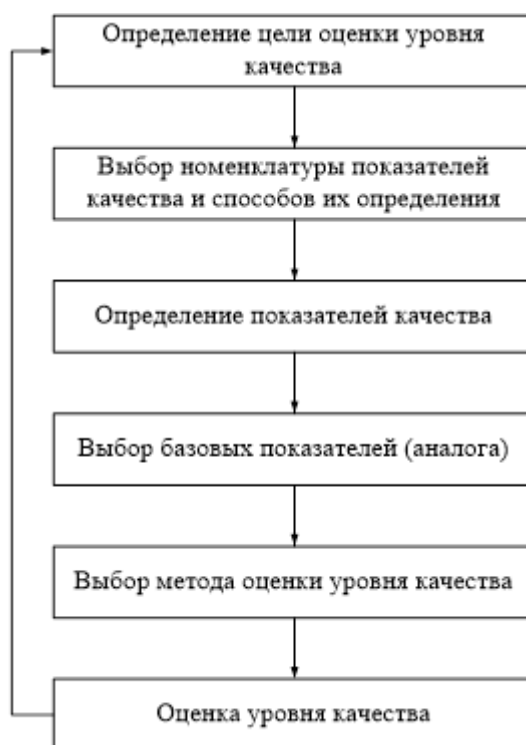


Рисунок 6.1 – Блок-схема последовательности оценки уровня качества продукции

При наличии на каждом предприятии коммерческой тайны, связанной чаще всего с новыми разработками, получить величины базовых показателей чужого аналога является достаточно сложной, но возможной задачей (имеется в виду информационный анализ возможных публикаций в открытой печати, материалы научных и практических конференций и семинаров и т. д.).

При отсутствии действующих и разрабатываемых аналогов как базовые показатели последнего могут выступать требования стандартов и прогрессивных нормативов.

6.1.3. Методы оценки технического уровня качества продукции

Под *однородной продукцией* понимают изделия общего функционального назначения, обладающие общими основными свойствами. Для оценки технического уровня качества однородной продукции применяют два основных метода: дифференциальный и комплексный.

При дифференциальном методе сопоставляют одноименные единичные показатели оцениваемого изделия и аналога (базового образца). При этом определяют, какие показатели достигли значений показателей базового образца, а какие существенно отличаются от базовых значений.

Предположим, единичными показателями данного изделия являются P_u ($i = 1, 2, 3, \dots, n$), аналога – P_a ($i = 1, 2, 3, \dots, n$), где n – количество показателей.

Сопоставление может иметь вид: $\frac{P_u}{P_a}; \frac{P_a}{P_u}; P_u - P_a; P_a - P_u$.

Чаще всего используют первые два соотношения.

Допустим,

$$q_i = \frac{P_u}{P_a}. \quad (6.1)$$

Обычно выбирают такие соотношения, при которых происходит улучшение качества изделия. Например, если рассчитывается соотношение по показателю «производительность», то в числителе стоит производительность изделия; если по показателю вес или масса, то в числителе стоит вес (масса) аналога.

Вес или приоритет того или иного показателя целесообразно устанавливать по отзывам потребителей продукции или экспертов.

В результате оценки уровня качества продукции дифференциальным методом принимаются следующие решения:

- если все значения относительных показателей больше или равны единице ($q_i \geq 1$), то уровень качества оцениваемой продукции выше или равен уровню аналога;
- если все значения относительных показателей меньше единицы ($q_i < 1$), то уровень качества оцениваемой продукции ниже уровня качества аналога, запускать данную продукцию в производство рискованно;

• если часть значений показателей больше или равна единице, а часть меньше единицы, то поступают следующим образом: если анализируемые показатели можно разделить на существенные и несущественные или на основные и неосновные, то новое изделие можно оценить по качеству лучше аналога, если большинство основных (существенных) показателей изделия выше, чем у аналога. Если подобное разделение показателей затруднительно, следует применять комплексный метод оценки уровня качества продукции.

Комплексный метод состоит в определении уровня качества продукции по комплексным показателям, то есть по совокупности показателей. Он применяется для оценки динамики качества изделия за разные промежутки времени, а также при аттестации продукции.

Комплексные показатели подразделяются на обобщенные, интегральные и индексные.

Обобщенный показатель качества $Q_{об}$ применяют, когда необходимо выразить составное свойство качества продукции. Например, надежность изделия является обобщенным показателем нескольких более простых показателей: безотказности, долговечности, ремонтпригодности и т. д.

Допустим, что необходимо определить обобщенный показатель надежности.

Рассчитывают дифференциальным методом несколько простых (одиочных) показателей надежности $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$.

Задают коэффициенты весомости c_i каждого из простых показателей в комплексном показателе с учетом условия, что сумма весомостей всех простых показателей равна 1.

В итоге обобщенный показатель будет выражаться следующей зависимостью

$$Q_{об} = q_1 c_1 + q_2 c_2 + \dots + q_n c_n = \sum_{i=1}^n q_i c_i . \quad (6.2)$$

В случае большого разброса значений q_i рекомендуется использовать формулу

$$Q_{об} = q_1^{c_1} + q_2^{c_2} + \dots + q_n^{c_n} = \sum_{i=1}^n q_i^{c_i} . \quad (6.3)$$

Допустим, $Q_{об} = 1,25$. Это означает, что надежность изделия на 25 % выше надежности аналога.

Интегральный показатель I применяют чаще всего для оценки сложных экономических показателей изделия, например, эффективности изделия.

Под эффективностью изделия понимают отношение суммарного полезного эффекта W от работы изделия (в натуральных единицах) к суммарным затратам на ее создание и эксплуатацию или потребление $K_0 + S$:

$$I = \frac{W}{K_0 + S}, \quad (6.4)$$

где K_0 – начальные капитальные вложения; S – эксплуатационные расходы за весь срок службы.

Чаще всего интегральные показатели используют для оценки эффективности машин, станков, сложной аппаратуры.

В последнее время под эффективностью (или производительностью) продукции понимают отношение стоимости реализованной продукции, изготовленной за определенный промежуток времени (в денежном эквиваленте), к затратам на ее изготовление (включая послепродажное обслуживание). Это понятие эффективности является более универсальным, т. к. не зависит от необходимости осуществления изделием работы (например, мебель, продукты питания и т. д.).

6.2. Выполнение расчетного задания

Постановка и цель задания:

Предприятие собирается переоснастить участок механической обработки новыми станками.

Оценить уровень качества новой модели металлорежущих станков.

1. По табл. 6.1 выбрать параметры для новой и базовой модели (аналога) металлорежущих станков. Номер варианта соответствует номеру по списку в журнале группы.

Исходные данные внести в табл.6.2.

Таблица 6.1 – Основные параметры для новой и базовой модели (аналога) металлорежущих станков в соответствии с номером варианта

Параметр		Номер варианта									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Суммарный годовой полезный эффект от эксплуатации P , тыс. деталей	Новая модель	25	10	15	30	25	30	35	40	45	50
	Базовая модель	20	8	1	25	40	20	45	30	50	35
Срок службы станка t , лет	Новая модель	10	4	6	7	8	9	10	5	11	12
	Базовая модель	8	5	5	4	6	7	8	6	10	12
Цена станка Z_c , усл. ед.	Новая модель	200	100	150	200	250	300	350	400	450	500
	Базовая модель	150	80	10	250	400	400	450	300	500	350
Годовые эксплуатационные затраты Z_3 , усл. ед.	Новая модель	40	4	6	7	8	6	10	5	11	12
	Базовая модель	40	5	5	8	6	7	8	6	10	12
Годовые потери от брака Π , усл. ед.	Новая модель	6	0,2	0,2	0,3	0,5	0,6	0,6	0,9	0,8	1,1
	Базовая модель	5	0,1	0,3	0,4	0,4	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0

Таблица 6.2 – Исходные данные и расчет дифференциальных показателей качества для варианта №0

Показатель	Значение показателя для станка		q_i
	нового	базового	
Суммарный годовой полезный эффект от эксплуатации P , тыс. дет./год	25	20	1,25
Цена станка Z_c , усл. ед.	200	150	0,75
Годовые эксплуатационные затраты Z_3 , усл. ед./год	40	40	1
Годовые потери от брака Π , усл. ед./год	6	5	0,83
Срок службы станка t , лет	10	8	1,25

2. Используя *дифференциальный метод*, определить относительные показатели качества станков по формулам:

$$q_i = \frac{P_{H_i}}{P_{\bar{6}_i}}, i = 1, 2, \dots, n, \quad (6.5)$$

$$q_i = \frac{P_{\bar{6}_i}}{P_{H_i}}, i = 1, 2, \dots, n, \quad (6.6)$$

где P_{H_i} – значение i -го показателя качества новой продукции (новой модели металлорежущего станка); $P_{\bar{6}_i}$ – базовое значение i -го показателя качества аналога (базовой модели металлорежущего станка); n – количество оцениваемых показателей качества продукции.

Из двух зависимостей выбирают ту, при использовании которой увеличение относительного значения показателя качества соответствует повышению технического уровня продукции.

Данные расчета свести в последний столбец таблицы 6.2.

3. В результате оценки уровня качества продукции дифференциальным методом принять решение об уровне качества новой модели металлорежущего станка по сравнению с базовой моделью.

Для варианта №0 часть значений показателей качества q_i больше или равна единице, а часть меньше единицы.

В связи с этим для оценки эффективности нового станка (с учетом цены и затрат) для варианта №0 необходимо использовать *комплексный метод оценки с помощью интегрального показателя качества продукции*.

4. Интегральный показатель качества для случая, когда ежегодный эффект и ежегодные эксплуатационные затраты остаются постоянными, капитальные затраты вносятся в расчетный год, а *потери от брака не учитываются*, рассчитать по формуле

$$I = \frac{Pt}{3_c + 3_s \left((1+E)^t - 1 \right) / E}, \quad (6.7)$$

где E – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений (обычно принимают $E = 0,15$).

Для новой модели станка (вариант №0)

$$I_n = \frac{25 \cdot 10}{200 + 40 \left((1 + 0,15)^{10} - 1 \right) / 0,15} = 0,247 \text{ дет./усл.ед.}$$

Для базовой модели станка (вариант №0)

$$I_6 = \frac{20 \cdot 8}{150 + 40 \left((1 + 0,15)^8 - 1 \right) / 0,15} = 0,229 \text{ дет./усл.ед.}$$

5. Учет годовых потерь от брака позволяет более точно оценить эффективность использования сравниваемого оборудования.

Для случая, когда *учитываются потери от брака*, интегральный показатель качества определить по формуле

$$I = \frac{Pt}{3_c + (3_c + \Pi) \left((1 + E)^t - 1 \right) / E} \quad (6.8)$$

Для новой модели станка (вариант №0)

$$I_n = \frac{25 \cdot 10}{200 + (40 + 6) \left((1 + 0,15)^{10} - 1 \right) / 0,15} = 0,220 \text{ дет./усл.ед.}$$

Для базовой модели станка (вариант №0)

$$I_6 = \frac{25 \cdot 8}{150 + (40 + 5) \left((1 + 0,15)^8 - 1 \right) / 0,15} = 0,208 \text{ дет./усл.ед.}$$

Таким образом, новый станок будет производить большее количество деталей на условные единицы затрат, то есть новая модель станка экономически более эффективна по сравнению с базовой моделью.

6. Определить относительный интегральный показатель качества по формуле

$$q_t = \frac{I_n}{I_6} \quad (6.9)$$

Для первого случая (без учета потерь от брака), вариант №0

$$q_t = \frac{0,247}{0,229} = 1,08.$$

Для случая, когда учитываются потери от брака, вариант №0

$$q_t = \frac{0,220}{0,208} = 1,06.$$

Вывод. Уровень качества новой модели станка, рассчитанный по интегральному показателю качества, выше аналогичного показателя базовой модели на 8% без учета потерь от брака и на 6% выше с учетом потерь от брака.

6.3. Вопросы для самоконтроля

1. Что понимают под «качеством» продукции?
2. Какие основные категории продукции Вам известны?
3. Что такое «уровень качества продукции», в чем состоит его практическая оценка?
4. Каковы основные задачи оценки уровня качества продукции?
5. Что понимают под аналогом при оценке уровня качества продукции?
6. В чем состоит процедура оценки уровня качества продукции?
7. Какие методы применяют для оценки технического уровня качества однородной продукции?
8. В чем состоит дифференциальный метод?
9. Каков принцип выбора соотношения показателей оцениваемого изделия и аналога (базового образца) при использовании дифференциального метода?
10. Какие варианты принимаемых решений возможны в результате оценки уровня качества продукции дифференциальным методом?
11. В каком случае применяют комплексный метод оценки уровня качества?

12. В чем состоит комплексный метод определения уровня качества продукции и каковы его основные показатели?
13. Что понимают под обобщенным показателем качества?
14. На основе каких данных определяют обобщенный показатель качества?
15. В каких ситуациях применяют интегральный показатель?

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОЙ И ДИСТАНЦИОННОЙ ФОРМ ОБУЧЕНИЯ

7.1. Варианты контрольных заданий

ВАРИАНТ 1

1. Качество продукции. Эволюция качества
2. Объекты анализа при метрологической экспертизе технической документации
3. Расчетное задание

ВАРИАНТ 2

1. Обеспечение качества продукции. Управление качеством
2. Метрологическая экспертиза технологической документации
3. Расчетное задание

ВАРИАНТ 3

1. Концепция всеобщего управления качеством продукции и этапы ее становления
2. Понятие и роль измерений в обеспечении качества продукции. Основные принципы измерений
3. Расчетное задание

ВАРИАНТ 4

1. Структура системы всеобщего управления качеством продукции

2. Измерительный процесс и его основные этапы
3. Расчетное задание

ВАРИАНТ 5

1. Семейство международных стандартов *ISO 9000* и их роль в обеспечении качества продукции
2. Основные виды измерений
3. Расчетное задание

ВАРИАНТ 6

1. Показатели качества продукции и методы их определения
2. Основные методы измерений
3. Расчетное задание

ВАРИАНТ 7

1. Условия обеспечения высокого качества продукции
2. Понятия «измерения» и «контроля» при оценке качества продукции
3. Расчетное задание

ВАРИАНТ 8

1. Особенности системы обеспечения качества машиностроительной продукции
2. Средства измерений и контроля как основа технической базы метрологического обеспечения
3. Расчетное задание

ВАРИАНТ 9

1. Предмет, задачи, составные части метрологии
2. Принципы классификации средств измерений
3. Расчетное задание

ВАРИАНТ 10

1. Законодательство в области метрологии. Национальная метрологическая служба
2. Метрологические характеристики средств измерений
3. Расчетное задание

ВАРИАНТ 11

1. Метрологическое обеспечение как составная часть систем управления качеством продукции
2. Рабочие средства измерений и эталоны
3. Расчетное задание

ВАРИАНТ 12

1. Метрологическое обеспечение на этапах жизненного цикла продукции. Особенности метрологического обеспечения на машиностроительных предприятиях
2. Поверка средств измерений, ее виды и методы
3. Расчетное задание

ВАРИАНТ 13

1. Метрологическое обеспечение на этапе подготовки производства
2. Погрешность и точность результатов измерений. Принципы описания и оценки погрешностей
3. Расчетное задание

ВАРИАНТ 14

1. Метрологическое обеспечение на этапе производства продукции
2. Качество измерительного процесса и его показатели
3. Расчетное задание

ВАРИАНТ 15

1. Метрологическая экспертиза технической документации
2. Особенности измерений в машиностроении. Принципы выбора средств измерений для обеспечения качества продукции
3. Расчетное задание

7.2. Методические рекомендации по выполнению контрольной работы

1. Контрольная работа состоит из трех заданий:
 - двух теоретических вопросов, соответствующих содержанию лекционного курса (раздел данного пособия 1.КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ);
 - расчетного задания (раздел данного пособия 6.РАСЧЕТНОЕ ЗАДАНИЕ «ОЦЕНКА УРОВНЯ КАЧЕСТВА ОДНОРОДНОЙ ПРОДУКЦИИ»).
2. Вариант контрольной работы (и, соответственно, расчетного задания) выбирают в соответствии с номером по списку в журнале группы.
3. Защита контрольной работы предполагает знание студентом представленного материала, ответы на вопросы по заданиям.
4. Итоговый контроль предполагает ответы на тестовые вопросы по содержанию курса (раздел данного пособия 4. ТЕСТОВЫЕ ВОПРОСЫ К МОДУЛЬНЫМ КОНТРОЛЬНЫМ РАБОТАМ).
5. Контрольная работа оформляется на бумаге формата А4 в виде компьютерного набора или в рукописном виде.
6. Контрольная работа должна быть зарегистрирована в деканате заочного обучения не позже установленного деканатом срока.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бичківський Р. В.. Метрологія, стандартизація, управління якістю і сертифікація : підручник / Р. В. Бичківський, П. Г. Столярчук, П. Р. Гамула; за ред. Р. В. Бичківського. – Львів : Видавн. нац. ун-ту Львівська політехніка, 2002.
2. Боженко Л. І. Стандартизація, метрологія та кваліметрія у машинобудуванні : навч. посібник / Л. І. Боженко. – Львів : Світ, 2003.
3. Чинков В. М. Основи метрології та виміральної техніки : навч. посібник / В. М. Чинков. – Харків : НТУ «ХП», 2005.
4. Аверьянов О. И. Основы инжиниринга в машиностроении : учеб. пособие / О. И. Аверьянов, И.О. Аверьянова. – М. : МГИУ, 2007.
5. Ступин А. Б. Метрология : учеб. пособие / А. Б. Ступин, Д. Г. Гольцев, А. Ф. Удовиченко, Н. А. Котляр. – Донецк : ДонНУ, 2009.
6. Правиков Ю. М. Метрологическое обеспечение производства : учеб. пособие / Ю. М. Правиков, Г. Р. Муслина. – М. : КНОРУС, 2009.
7. Артемьев Б. Г. Метрология и метрологическое обеспечение / Б. Г. Артемьев. – М.: Стандартиформ, 2010.
8. Медунецкий В. М. Основы обеспечения качества и сертификация промышленных изделий : учеб. пособие / В. М. Медунецкий. – СПб : НИУ ИТМО, 2013.
9. Метрологічне забезпечення контролю якості продукції : монографія / Ігнаткін В.У., Туз Ю.М., Левківський К. М., Томашевський О.В.; за ред. Ігнаткіна В. У. – Запоріжжя : Запорізький національний технічний університет, 2017.

Навчальне видання

ПУПАНЬ Лариса Іванівна
ФЕДОРОВИЧ Володимир Олексійович

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

Навчальний посібник

для студентів спеціальності «Прикладна механіка»
денної, заочної та дистанційної форм навчання,
а також для іноземних студентів

Російською мовою

Відповідальний за випуск І.М. Пижов

Роботу до видання рекомендував О.М. Шелковий

В авторській редакції

План 2019 р., поз. 4

Підп. до друку 14.03.2019 р. Гарнітура Таймс.

Видавничий центр НТУ «ХП», вул. Кирпичова, 2, м. Харків, 61002
Свідоцтво про державну реєстрацію № 5478 від 21.08.2017 р.

Самостійне електронне видання